

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU
Rakennustekniikan koulutusohjelma / rakennetekniikka

Juhana Kolppo

KOJU - SIIRRETTÄVÄ RAKENNUS

Opinnäytetyö 2014

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Rakentamistekniikka

KOLPPO, JUHANA

Opinnäytetyö

Työn ohjaaja

Toimeksiantaja

Maaliskuu 2014

Avainsanat

Koju - siirrettävä rakennus

39 sivua + 44 liitesivua

lehtorit Anu Kuusela ja Jani Pitkänen

Kymenlaakson ammattikorkeakoulu/rakennustekniikan
osasto

CLT, Siirrettävä majoitus, CLT-mitoitus

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli kehittää prototyyppi CLT-rakenteisesta, aukeavasta, siirrettävästä tilapäismajoituskontista. Työssä suunniteltiin mahdollinen ratkaisu siitä, kuinka Koju voidaan toteuttaa ja mitoitettiin rakenteet.

Mitoitus suoritettiin Puuinfoilta saaduilla laskelmilla Mathcad-ohjelmalla. Suunnittelussa käytettiin suunnitteluohjelmana Cadsia ja koju mallinnettiin Teklalla. Teklamallin pohjalta suunniteltiin elementit Cads-ohjelmalla. Elementtikuvien suunnittelun yhteydessä piirrettiin asennuspiirroksat.

CLT ei ole tämän tyyppiseen rakentamiseen paras ratkaisu. CLT-levyn hyödyt eivät pääse täysin oikeuksiin, koska käytössä oli vain 60 mm:n ja 80 mm:n levyä. CLT-levyn ongelma oli taipuma. Taipuma estää kontin oikean käytön, vaikka materiaali kestääkkin tulevat kuormat. Tässä työssä toteutettu malli on helposti muunneltavissa rankarakenteiseksi. Mikäli Koju halutaan toteuttaa CLT-rakenteisena, täytyy käyttää paksumpaa CLT-levyä.

Opinnäytetyössä onnistuttiin toteuttamaan suunnitelma avattavasta tilapäismajoituksesta CLT-rakenteisena. Kojun sisustaminen ja jatkojalostus vaativat vielä lisäselvityksiä.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Construction Engineering

KOLPPO, JUHANA

Bachelor's Thesis

Supervisor

Commissioned by

January 2014

Keywords

Koju - Movable Accommodation

39 pages + 44 pages of appendices

Jani Pitkänen, Senior Lecturer, Anu Kuusela, Senior Lecturer

Kymenlaakso University of Applied Science / Construction Engineering

CLT, movable accommodation, CLT sizing

The aim for this final thesis was to develop a prototype of a movable, openable temporary housing container, made of cross-laminated timber (CLT) board. The aim was to provide a possible solution for implementation for such a design it. Structural design is also included in the thesis.

The structural designing were done with Mathcad-program, following calculations received from Puuinfo. CADS-program was used for preliminary designs, and then Koju was modeled with Tekla Structures. Following the Tekla-modelling, the CLT element and installation drawings were made with CADS.

CLT does not seem to be the best material or solution for this kind of building. The overall benefits of CLT-board cannot be utilized, because only 60 mm and 80 mm boards could be used. The biggest problem with CLT is buckling, which prohibits the proper use of the design, even though the material can withstand the loads. The design implemented for this thesis is easily adaptable to a spine beam design. If Koju was built using CLT boards, thicker board should be used.

In the thesis, Koju was managed to be implemented using CLT board. Interior decorations and further processing of the concept would require some further research.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

1	JOHDANTO	6
1.1	Laskelmien suureet	7
2	CLT	9
2.1	CLT materiaalina	9
2.2	Ominaisuudet	10
3	KONTIN RAKENTEET JA MITOITUS	11
3.1	Suunnittelun lähtökohta	11
3.2	Kojun perusmitat ja kuormien jakautuminen	11
3.3	Kojun avaaminen	12
3.3.1	Aukaisumekanismi ja tukeminen avauksen yhteydessä	12
3.4	Kasaus	13
3.5	Mitoitus	13
3.5.1	Kiinteän osan katto	13
3.5.2	Kiinteän osan lattia	20
3.5.3	Aukeavan osan katto	25
3.5.4	Päätysseinät	28
3.5.5	Pitkä seinä	32
3.6	Liittimet	35
4	YHTEENVETO	37
	LÄHTEET	39

LIITTEET

Liite 1. Kojun massat

Liite 2. Kiinteän katon tarkastelu, jos se on 60 mm paksuna levynä

Liite 3. Aukeavan osan katon tarkastelu jos 60 mm paksuna levynä

Liite 4. Liittimien tarkastelu suorilla ruuveilla

Liite 5. Kojun pohjakuva

Liite 6. Kojun leikkauskuvat

Liite 7. 3D-kuvat

Liite 8. CLT-elementtikaavio ja kokoonpanokuvat

1 JOHDANTO

Aiheen tähän opinnäytetyöhön sain lehtori Anu Kuuselalta. Työn tarkoituksena oli kehittää ekologinen vaihtoehto siirrettäville toimisto- tai väistötiloille. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu haluaa tarjota ekologisen vaihtoehdon markkinoille. Kymenlaakson ammattikorkeakoulu etsii valmiille tuotteelle yhteistyökumppania. Asiasta on käyty keskusteluja Stora Enson kehityspäällikkö Mauri Konttilan kanssa. Nykyiset tilapäisrakennukset ovat pääosin puu- tai peltirankaisia, ja uraetaanilla eristettyjä. Nykyiset kontit ovat kiinteäseinäisiä ja tila suhteessa kuljetuskustannuksiin on vakio. Tässä työssä on tarkoitus kehittää avattava kontti jotta saada säästöjä kuljetuskustannuksiin. Tilapäistilojen kysyntä tulee lisääntymään tulevaisuudessa, johtuen tulevista tilojen saneerauksista.

Käsitteet

CLT (Cross-laminated timber) on ristiin liimatuista havupuulevykerroksista koostuva massiivinen rakennuslevy.

Siirrettävällä rakennuksella tarkoitetaan tässä työssä kuorma-autolla siirrettävää majoitus- tai toimistokonttia

1.1 Laskelmien suureet

A	Poikkileikkauksen ala
$E_{0,05}$	Viiden prosentin (alempaa) fraktiilia vastaava kimmokertoimen arvo
E_d	Kimmokertoimen mitoitussarvo
E_{mean}	Kimmokertoimen keskiarvo
$E_{\text{mean, fin}}$	Kimmokertoimen keskiarvo lopputilassa
F	Voima
$F_{90,Rd}$	Halkeamiskestävyyden mitoitussarvo
$F_{90,Rk}$	Halkeamiskestävyyden ominaisarvo
$F_{ax,Ed}$	Liittimeen sen pituussuunnassa vaikuttavan voiman mitoitussarvo
$F_{ax,Rd}$	Ulosvetokestävyyden mitoitussarvo, kun liitin kuormittuu pituussuunnassa
$F_{ax,Rk}$	Ulosvetokestävyyden ominaisarvo, kun liitin kuormittuu pituussuunnassa
F_c	Puristusvoima
F_d	Voiman mitoitussarvo
$F_{v,Ed}$	Leikkausvoiman mitoitussarvo liittimen leikkaustasoa kohti
$F_{v,Rd}$	Liitoksen kestävyysmitoitussarvo leikkaustasoa kohti
G_d	Liukukertoimen mitoitussarvo
G_{mean}	Liukukertoimen keskiarvo

M_d	Momentin mitoitusarvo
$M_{y,Rk}$	Liittimen myötömomentin ominaisarvo
N	Normaalivoima
$R_{ax,d}$	Liitoksen kestävyysmitoitussarvo, kun liittimet kuormittuvat pituussuunnassa
$R_{ax,k}$	Liitoksen kestävyysominaisarvo, kun liittimet kuormittuvat pituussuunnassa
$R_{ax,\alpha,k}$	Kestävyyden ominaisarvo voiman vaikuttaessa syysuunnan suhteen kulmassa α
R_d	Kestävyyden mitoitusarvo
$R_{ef,k}$	Liitoksen kestävyys tehollinen ominaisarvo
R_k	Kestävyyden ominaisarvomakestävyys
$f_{h,k}$	Reunapuristuslujuuden ominaisarvo
$f_{m,k}$	Taivutuslujuuden ominaisarvo
$f_{t,0,k}$	Vetolujuuden ominaisarvo syysuuntaisessa vedossa
$f_{v,d}$	Leikkauslujuuden mitoitusarvo
k_{def}	Virumaluku
k_{mod}	Muunnoskerroin, jonka avulla otetaan huomioon kuorman kesto ja kosteuspitoisuus
e_f	Tehollinen pituus; poikittaiskuorman tehollinen jakautumispituus
u_{inst}	Hetkellinen muodonmuutos

$u_{\text{inst},G}$	Pysyvän kuorman G aiheuttama hetkellinen muodonmuutos Lopputilan taipuma w_{inst} Hetkellinen taipuma
$w_{\text{net},\text{fin}}$	Lopputilan nettotaipuma
β_c	Suoruukskerroin
γ_M	Materiaaliominaisuuden osavarmuusluku; jossa otetaan huomioon myös mallin epävarmuudet ja mittavaihtelut
$\sigma_{c,0,d}$	Syysuunnassa vaikuttavan puristusjännityksen mitoitusarvo
d	Leikkausjännityksen mitoitusarvo

(Eurokoodi 5 2011, 14-17.)

2 CLT

2.1 CLT materiaalina

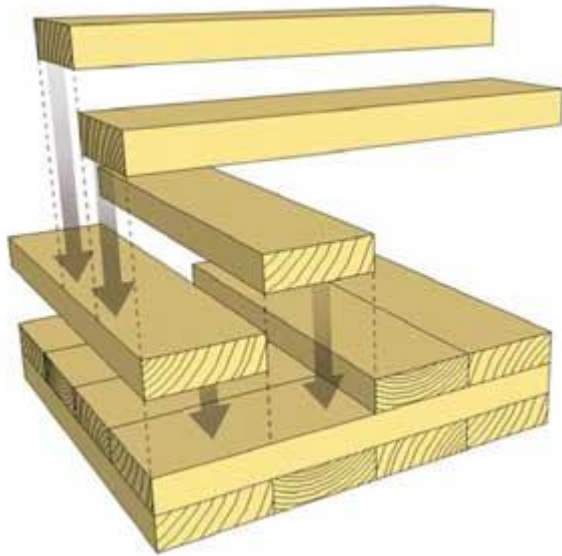
CLT on ristiin liimatuista puulevyistä koottu rakennuslevy. Yleisin CLT-levyissä käytetty puulaji on kuusi, mutta myös mänty ja lehtikuusi CLT-levyä on saatavilla. CLT-levyissä on liimattuja kerroksia yleensä kolme, viisi, seitsemän tai kahdeksan.

Kerroksien paksuudet vaihtelevat 20 - 80 millimetriin riippuen halutusta levyn

paksuudesta. Stora Enso tuottaa CLT-levyjä 60 - 400 millimetrin paksuisina. Stora

Enson CLT-levyn enimmäismitat ovat 2,95m x 16 m. (Building Solutions 2012, 4).

Muilta valmistajilta löytyy tehtaita, joissa voidaan tuottaa jopa 4 m x 18 m kokoisia levyjä. Levyn paksuus valitaan käyttötarkoituksen mukaan 57 mm-500 mm (Massive Timber Construction Systems, 2012 s.4). Alla oleva kuva esittää CLT-levyn perusajatuksen.



Kuva 1 CLT levyn ristiinliimaus (Rimetz, 2011)

CLT-levyjä voidaan työstää normaalein puuntyöstö tekniikoin, mutta CLT-levyjä tilatessa on tarkoituksenmukaista tilata CLT-levyt valmiiksi haluttuun muotoon työstettyinä. Tehtaissa CLT-levyn reiät voidaan koneistaa CNC-jyrsimellä erittäin mittatarkasti. Loveukset CLT-levyyn toteutetaan erilaisin jyrsimin tai ketjusahalla. CLT-levyjä tilatessa asiakkaalle toimitetaan myös irtileikattu osa. (Stora Enso, Perustietoa CLT-levyistä.) CLT-levyjen merkintä on looginen ja helppo omaksua. CLT-levyjen tunnusmerkissä on kolme osaa esimerkiksi CLT 100 C3s. Merkinnässä CLT kertoo materiaalin olevan CLT, 100 tarkoittaa levyn paksuutta 100 mm ja C3s tarkoittaa liimattujen kerrosten määrää. Merkintä C tarkoittaa pintakerroksen suuntaa. C tarkoittaa poikittaisuuntaista pintakerrosta ja L tarkoittaa pitkittäisuuntaista kerrosta. CLT merkintään voi tulla erikoistapauksissa mukaan myös lisätermi -2. Esimerkiksi CLT 320 L8s-2. Lisätermi 2 kertoo kahden uloimman kerroksen olevan pitkittäisuuntaiset. (Building Solutions 2012, 4-7.)

2.2 Ominaisuudet

CLT-levyn ominaisuudet ovat lähellä normaalia havupuuta. CLT:n kuljetustiheys on 470 kg/m^3 . Suunnittelu tiheys CLT-levylle on 500 kg/m^3 . Kun käytetään 30 kg suurempaa suunnitteluarvoa, saadaan liittimet ja muotovirheet huomioitua kuormituksia laskettaessa. Stora Enson CLT-levyt normaalissa tapauksessa ovat lujuusluokkaa C24. CLT-levyn lämmönläpäisykerroin $[\lambda]$ on $0,11 \text{ W/m}^2\text{K}$. CLT levyjen ristiin liimauksen

ansiosta ja porrastetuista puskusaumoista johtuen levyn ilmanvuoto oli niin vähäistä, ettei vuotoa kyetty mittaamaan. (Building Solutions 2012, 4).

3 KONTIN RAKENTEET JA MITOITUS

3.1 Suunnittelun lähtökohta

Kojun suunnittelu lähti liikkeelle työn tilaajan ajatuksesta tehdä tulitikkurasian tavoin aukeava CLT kontti. Tulitikkurasia ajatus hylättiin kuitenkin nopeasti, koska avatusta tilasta tulisi pitkä putki. Kojun käytettävyyks olisi huono. Hetken pohdinnan jälkeen muutettiin kontti sivusta aukeavaksi. Sivusta aukeavana Kojun tilankäyttö tehostuu, koska tilasta tulee neliö. Kojun pintamateriaaliksi jätetään puu, jotta rakennus olisi ekologinen, kestävä ja edustava. Kojua suunniteltaessa kiinnitettiin huomiota maksimaaliseen sisätilojen kokoon, joten eri osien välykset pyrittiin pitämään minimissään. Aukeavan ja kiinteän osan välyksien tavoitearvoksi asetettiin 10 millimetriä. Pienet välykset mahdollistivat liitosten tiiviyn Kojun ollessa auki tai kiinni. Kojun pienet välykset aiheuttivat tiukat kriteerit kontin vaakarakenteiden taipumille. Koju mitoitettiin lumikuorman arvolle $s_k = 3,0 \text{ kN/m}^2$, mikä mahdollistaa Kojun käyttämisen koko Suomessa ilman erillistä lisätukemista. Kojun ollessa tasakattoinen tai hyvin loiva, muotokertoimelle μ_i käytetään arvoa 0,8. Tuulikuormalle valittiin enimmäistuulenpaine, joka saavutetaan rannikolla. Tuulen nopeuspainetta määritettäessä valittiin Kojun seinän korkeus siten, että Kojuja on kolme päällekkäin. Tuulen nopeuspaineeksi q_{wk} valittiin arvo $1,10 \text{ kN/m}^2$. Tilaaja määritteli kojulle vaatimukseksi myös murtovarmuuden Kojun ollessa suljettuna. Murtovarmuus toteutettiin lisäämällä ovet ja ikkunat ainoastaan aukeavaan osaan. Kojun ollessa suljettuna kojussa ei ole aukkoja.

3.2 Kojun perusmitat ja kuormien jakautuminen

Kojulle valittiin enimmäismitat tieliikennelain mukaisesti (Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta 2013, 25§.) Kojun enimmäiskorkeudeksi valittiin 3,2 metriä, leveydeksi 2,55 metriä ja pituudeksi 6 metriä. Näillä mitoilla Kojua voi kuljettaa maanteilla ilman erityistoimia. Kojun enimmäiskorkeutta rajoittaa myös CLT-levyn suurin tuotantokorkeus, joka on 2,95 metriä.

Seinämän paksuudeksi valittiin 60 mm CLT-levy, pohjaan ja kattoon valittiin CLT 80 mm CLT-levy. Näitä mittoja käyttämällä kontin kokonaismassaksi tulee noin 4400 kg (liite 1). Rakennuksen kuormat jakautuvat lyhyemmässä suunnassa ulkoseinälle ja tukipalkille. Tukipalkit tukeutuvat pilareihin. Pilareiden avulla kuormat siirtyvät parrupedin kautta maahan. Mikäli kontteja kasataan useampia päällekkäin, kantavat lyhyet päätyseinät ylempien konttien kuormat.

3.3 Kojun avaaminen

Luonnosvaiheessa kontin aukeava mekanismin ajateltiin hoituvan liukupinnoilla, mutta heti ensimmäisten painolaskelmien jälkeen huomattiin liukupintojen olevan mahdoton ratkaisu. Liukupintoja käytettäessä avaamisen tarvittava voima olisi liian suuri. Liukupintojen jälkeen suunnitelmaan tulivat tarkasteltavaksi liukupinnan korvaavat telat. Teloilla rakennuksen avaaminen onnistuu mainiosti. Seuraava ratkaistava haaste Kojua suunniteltaessa oli katon kannatus. Katto tulisi taipumaan runsaasti vapaalta sivulta ilman tukea ja se estäisi rakennuksen sulkemisen ja avaamisen. Ensimmäinen suunnitelma sivujen tukemiseen oli käyttää teräspuutkipalkkia ja välitukea. Teräs toimii hyvin, mutta on todella raskas vaihtoehto. Kojun aukeavan ja kiinteän osan välilyös on 10 mm, ja tilaa tukipalkille on 100 mm. Alle 10mm:n taipuma edellyttää teräspuutkipalkkia 200 x 100 x 8 mm. Teräspuutkipalkki korvattiin tarkastelun jälkeen liimapuupalkilla, koska rakenne on kevyempi ja ekologisesti vähemmän kuormittava. Liimapuupalkin kooksi tuli mitoitettaessa 140 x 315 mm. Lujusluokan GL32c liimapuupalkilla taipumat ovat 4,1 mm tukivälillä 6 000 mm. Tämä mahdollistaa kojun toteuttamisen ilman välitukia. Kun välituet jätettiin pois, saatiin kojuun muuntojoustava esteetön avara tila. Kojun molemmat vapaat sivut tuetaan 140 x 315 mm, lujusluokan GL32c liimapuupalkilla. Sisemmän osan palkki tulee 145 mm katon sisäpinnan alapuolelle, vapaan korkeuden ollessa avautuvassa osassa 2 335 mm.

3.3.1 Aukaisumekanismi ja tukeminen avauksen yhteydessä

Kojun aukaisumekanismia hallitaan päädyssä olevalla rullapyörällä ja akselilla, jossa on hammasratas. Aukeavan osan pohjaan asennetaan ketju, jota vasten hammasratas pyörittää kojun auki. Avautuva osa tuetaan aukaistuna teollisuuspyörillä. Pyörät ovat irralliset, ja asennetaan paikalleen, kun Kojua on avattu noin 300 mm. pyörille on kiinnikkeet Kojun pohjassa. pyörien asennusakselissa on kierrettävä korkeussäätö, jotta kojun sijoittaminen ei rajoitu pyörien korkoon. Pyörien alle on pehmeässä maape-

rässä tai sepelipinnalla lisättävä vanerilevy. Kojun tiiviivistyminen avattuna ja suljetuna toteutetaan kiilapaloilla. Kiilapalojen pintaan asennetaan tiivistekumit. Tiivistekumeja asennetaan 2 kappaletta jokaista tiivistettävää kiilaa kohden.

3.4 Kasaus

Kojun osat tuotetaan itävaltalaisessa CLT-tehtaassa ja kasataan Itävallassa tai Suomessa. Kojua kasattaessa aloitetaan asennus kiinnittämällä uloimman kuoren pohjalevy vaihtolavan kiskoihin. Pohjalevyn päälle kiinnitetään seinälevyt. Kiinnitys toteutetaan ristiin ruuvaamalla. Uloimman kuoren ollessa paikalla, asennetaan avausmekanismin osat kiinteään osaan, minkä jälkeen aloitetaan aukeavan osan kokoonpano. Aukeavan osan pohjalevyyn asennetaan ensimmäiseksi telarullat ja aukaisumekanismin ketjut. Tämän jälkeen levy nostetaan kiinteän osan sisälle ja levyyn kiinnitetään seinät, ikkuna ja ovi. Seuraavaksi asennetaan tukipalkki seinän päälle ja kiinnitetään kattoon telat ja tiivistysosat. Kojun ollessa muuten valmis, kiinnitetään kiinteän osan katto, johon on valmiiksi kiinnitetty tiivistysosat ja tukipalkki.

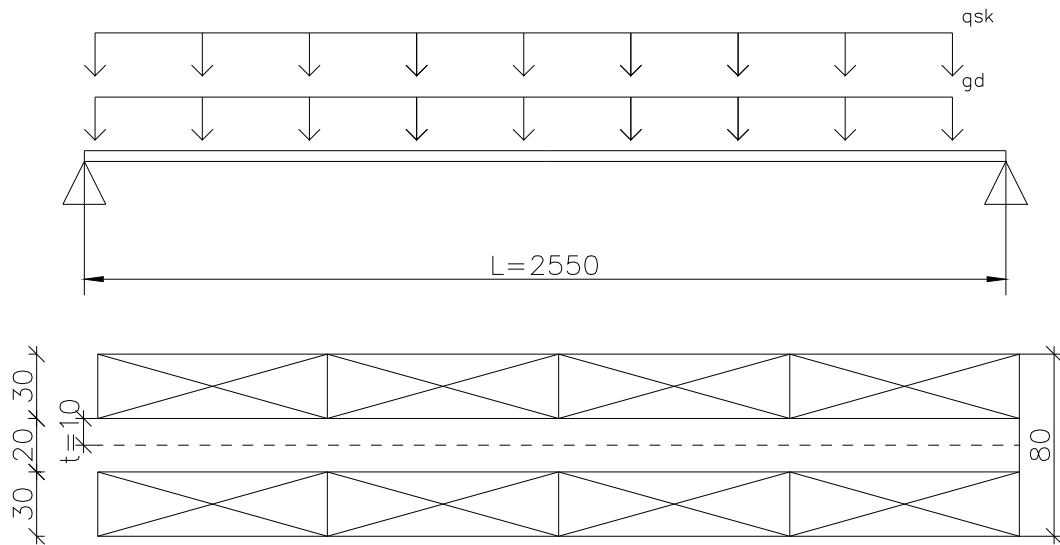
3.5 Mitoitus

Kontin seinien paksuudeksi valittiin jo heti alkuvaiheessa 60 mm ja laattojen paksuudeksi 80 mm. Vinkki näihin mittoihin tuli keskustelussa Stora Enson kehityspäällikkö Mauri Konttilan kanssa.

3.5.1 Kiinteän osan katto

Katto- ja lattiarakenteita suunniteltaessa ensimmäiseksi haasteeksi havaittiin CLT levyn materiaalivahvuus. 80 mm CLT levyssä on ainoastaan kolme kerrosta, kaksi 30 mm kerrosta ja yksi 20mm kerros. 20mm kerroksen kuormien kantokyky on olematon, joten Kojua ei voi mitoittaa kolmelta sivulta kantavaksi. Kattorakenteessa päädyttiin kannattamaan CLT levy lyhyempään suuntaan ja tukemaan levy palkilla. Kattorakenteen taipumaa tarkasteltiin myös 60 mm CLT levyllä, mutta taipumat olivat yli 10 mm (Liite 2). Yli 10 mm taipumat aiheuttaa kojun kattorakenteiden hankautumista ja vaikeuttaa rakenteen aukaisemista. Tukemiseen ensimmäinen vaihtoehto oli teräsputkipalkki. Teräspalkin ongelma oli rakenteen paino ja suhteellisen suuret taipumat. Teräs korvautui puupalkilla, jolloin taipuma jäi alle kymmeneen millimetriin. Kymmentä millimetriä käytettiin raja-arvona, jotta kontti mahtuu avautumaan ja sulkeutumaan

ongelmista. Kuvassa 1 on esitetty kattorakenteiden kannatus vapaakappalepiirroksena, ja kuvassa 2 kattoa kannattavan puupalkin statiikka. Laskelma 1 on katon CLT levyjen mitoitus koskeva laskelma ja Laskelma 2 on kattopalkin mitoitus.



Kuva 2: Katon kuormitus

Laskelma 1: Katon mitoitus

$$q_{sk} := 3 \cdot 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} 1\text{m} = 2.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1\text{m} \cdot 0.08\text{m} = 0.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_d := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_{sk} = 4.06 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$\text{Keskipitkä aikaluokka} \quad k_{\text{def}} := 0.8 \quad k_{\text{mod}} := 0.8 \quad g_M := 1.25$$

Tukileveys $L = 2550 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen paksuus $h = 30 \text{ mm}$

Tarkasteltavan osan leveys $b = 1000 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen etäisyys keskeisakselista $t = 10 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen keskeisakselin etäisyys levyn keskilinjasta $a_1 = 25 \text{ mm}$

$$b_c := 0.1 \quad d := \frac{h}{2}$$

$$E_{0\text{mean}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{90\text{mean}} := 370 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{0.05} := 7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_r := 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad A_1 := b \cdot h$$

$$f_{vk} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{vd} := \frac{(f_{vk} \cdot k_{\text{mod}})}{g_M} = 1.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v90d} := .5 \cdot f_{vd} = 0.8 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{mk} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{md} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{\text{mod}})}{g_M} = 15.36 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$g_1 := \frac{1}{1 + \left[\frac{(p^2 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot A_1)}{L^2} \cdot \frac{t}{(G_r \cdot b)} \right]} = 0.937397$$

$$I_{y1} := \frac{(b \cdot h^3)}{12} + g_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = 12384128 \text{ mm}^4$$

$$I_{\text{ef}} := 2 \cdot I_{y1} = 2477 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_{\text{ef}} := \frac{I_{\text{ef}}}{g_1 \cdot a_1 + d} = 741 \cdot \text{cm}^3$$

$$S_{\text{ef}} := A_1 \cdot a_1 = 500 \cdot \text{cm}^3$$

Taivutus

$$M_{yd} := \frac{q_d \cdot L^2}{8} = 3.3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$s_{myd} := \frac{M_{yd}}{W_{ef}} = 4.455 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{s_{myd}}{f_{md}} = 0.29$$

Käyttöaste 29 %

Leikkaus

$$V_d := \frac{q_d \cdot L}{2} = 5.177 \cdot \text{kN} \quad t_d := \frac{V_d \cdot S_{ef}}{I_{ef} \cdot b} = 0.104 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{t_d}{f_{v90d}} = 0.131$$

Käyttöaste 13 %

Taipuma

$$w_{instg} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{0mean} \cdot I_{ef}} = 0.808 \cdot \text{mm}$$

$$w_{instq} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{sk} \cdot L^4}{E_{0mean} \cdot I_{ef}} = 4.85 \cdot \text{mm}$$

$$S_{u_{inst}} := w_{instg} + w_{instq} = 5.658 \cdot \text{mm}$$

$$w_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot w_{instg} + (1 + 0.3 \cdot k_{def}) w_{instq} = 7.5 \cdot \text{mm}$$

Laskelma 2: palkin mitoitus

Palkin tiedot: GL32c 140 x 270 mm

Tukileveys $l_t := 60\text{mm}$ Kannatettava leveys $l = 6000\text{ mm}$

$$f_{vk} := 3.2 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{mk} := 32 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c90k} := 3.0 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{0\text{mean}} := 13700 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_{\text{mod}} := 0.8 \quad k_{\text{def}} := 0.6 \quad g_m := 1.2$$

KRT-kuormat

$$g_{\text{op}} := b \cdot h \cdot 47 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0.018 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$G_{\text{katto}} := \frac{2.55\text{m} \cdot 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 0.08\text{m}}{2} = 0.51 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$Q_{\text{sk}} := \frac{2.55\text{m} \cdot 2.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2}}{2} = 3.06 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Maksimitaivutusmomentti M_d

$$M_d := \frac{\left[1.15 \cdot (G_{\text{katto}} + g_{\text{op}}) + (1.5 \cdot Q_{\text{sk}}) \right] \cdot l^2}{8} = 23.386 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

Maksimileikkaus V_d

$$V_d := \frac{[1.15 \cdot (G_{\text{katto}} + g_{\text{op}}) + (1.5 \cdot Q_{\text{sk}})] \cdot l}{2} = 15.591 \cdot \text{kN}$$

Taivutus

$$s_{\text{myd}} := \frac{6 \cdot M_d}{b \cdot h^2} = 13.748 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{\text{md}} := \frac{f_{\text{mk}} \cdot k_{\text{mod}}}{g_{\text{m}}} = 21.333 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

Ehto $\sigma_{\text{myd}} < f_{\text{md}}$

$$\text{Käyttöaste}_1 := \frac{s_{\text{myd}}}{f_{\text{md}}} = 64.446 \%$$

Leikkaus

$$t_d := 1.5 \cdot \frac{V_d}{b \cdot h} = 0.619 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{\text{vd}} := \frac{f_{\text{vk}} \cdot k_{\text{mod}}}{g_{\text{m}}} = 2.133 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Käyttöaste}_2 := \frac{t_d}{f_{\text{vd}}} = 29.001 \%$$

Taipuma

$$I_y := \frac{b \cdot h^3}{12} = 2.296 \times 10^8 \text{ mm}^4$$

$$W_{\text{instG}} := \frac{(G_{\text{katto}} + g_{\text{op}}) \cdot l^4}{192 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot I_y} = 1.132 \text{ mm}$$

$$W_{\text{instQ}} := \frac{Q_{\text{sk}} \cdot l^4}{192 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot I_y} = 6.565 \cdot \text{mm}$$

$$W_{\text{netfin}} := \left[(1 + k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{instG}} + (1 + 0.2 \cdot k_{\text{def}}) \cdot W_{\text{instQ}} \right] = 9.165 \cdot \text{mm}$$

Tukipaine

$$l_{\text{c90ef}} := 50 \text{ mm} + 2.30 \text{ mm} = 110 \text{ mm}$$

$$i := 50 \text{ mm}$$

$$k_{\text{c90}} := 1.5$$

$$f_{\text{c90d}} := k_{\text{mod}} \cdot \left(\frac{f_{\text{c90k}}}{g_{\text{m}}} \right) = 2 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$k_c := \frac{l_{c90ef}}{i} \cdot k_{c90} = 3.3$$

$$\sigma_{c90d} := \frac{V_d}{(50\text{mm} \cdot b) - \frac{(50\text{mm} \cdot 50\text{mm})}{2}} = 2.711 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

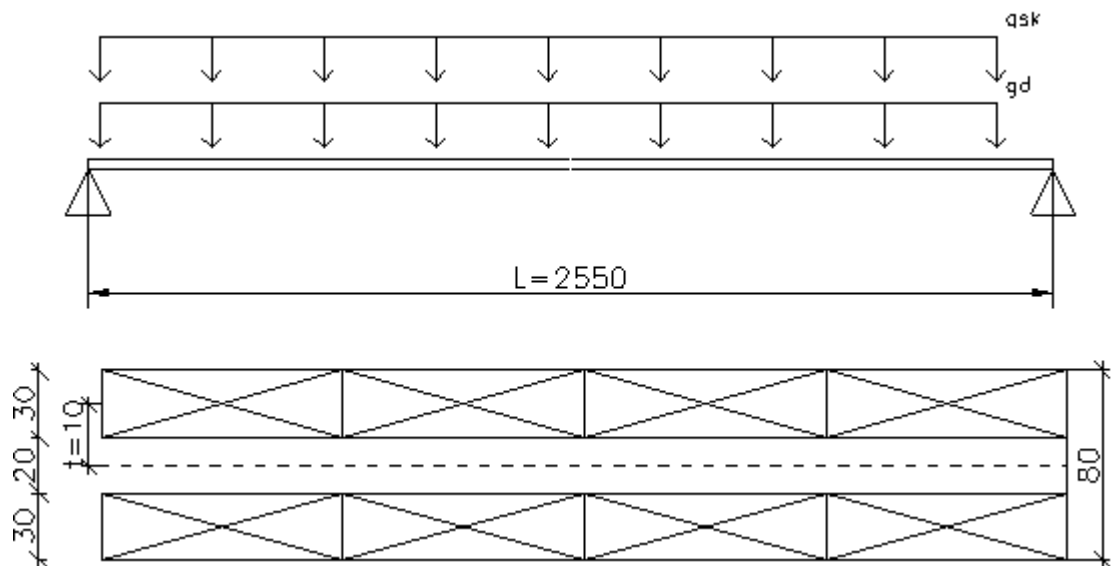
$$k_c \cdot f_{c90d} = 6.6 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{käyttöaste} := \frac{2.711}{6.6} = 41.076 \%$$

Käytettäessä 80 mm:n CLT-levyä ja 315 x140 mm:n liimapuupalkkia ovat taipumat alle 10 mm, vaikka katolla olisi enimmäislumikuorma. Palkissa on myös 45 mm:n varaus muotoilulle tai loveuksille. Alle 10 mm:n taipumat mahdollistavat Kojun avaamisen ja sulkemisen ilman puuosien hankausta.

3.5.2 Kiinteän osan lattia

Kiinteän osan lattiassa käytetään 80 mm:n CLT-levyä. Kuormaksi lattialle asetettiin asuintilojen hyötykuorma 2kN/m^2 . Kiinteän osan lattia kantaa samaan suuntaan kuin kattokin ja reunat tukeutuvat parrupedille.



Kuva 3: Kiinteän osan lattia

Laskelma 3: Kiinteän osan lattian mitoitus

Omapaino

Hyötykuorma 2kN/m²

$$q_k := 2 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 2.55\text{m} = 5.1 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot \frac{2.55}{2} \text{m} \cdot 0.08\text{m} = 0.51 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}} \quad q_d := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_k = 8.236 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$m := 500 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3} \cdot 0.08\text{m} + 0.3 \cdot 200 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2} = 1 \times 10^{-4} \frac{\text{kg}}{\text{mm}^2}$$

Keskipitkä aikaluokka

$$k_{\text{mod}} := 0.8 \quad k_{\text{def}} := 0.8$$

Tuki leveys L=2550mm

Kantavan leikkeen paksuus $h=30\text{mm}$ $d := \frac{h}{2}$

Tarkasteltava leveys $b=1000\text{mm}$

Kantavan leikkeen etäisyys keskeisakselista $t=10\text{mm}$

Kantavan leikkeen keskeisakselin etäisyys levyn keskilinjasta $a_1=45\text{mm}$

$$\beta_c := 0.1 \quad \gamma_M := 1.25 \quad E_{0\text{mean}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{90\text{mean}} := 370 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0.05} := 7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad G_I := 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad A_1 := b \cdot h$$

$$f_{vk} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{vd} := \frac{(f_{vk} \cdot k_{\text{mod}})}{\gamma_M} = 1.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v90d} := .5 \cdot f_{vd} = 0.8 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{mk} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{md} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{\text{mod}})}{\gamma_M} = 15.36 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_1 := \frac{1}{1 + \left[\frac{(\pi^2 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot A_1)}{L^2} \cdot \frac{t}{(G_I \cdot b)} \right]} = 0.908946$$

$$I_{y1} := \frac{b \cdot h^3}{12} + \gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = 57468442 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_B := \frac{b \cdot 20\text{mm}^3}{12} = 1.667 \times 10^3 \text{mm}^4$$

$$I_{ef} := 2 \cdot I_{y1} = 11494 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_{ef} := \frac{I_{ef}}{\gamma_1 \cdot a_1 + d} = 2056 \cdot \text{cm}^3 \quad S_{ef} := A_1 \cdot a_1 = 1.35 \times 10^3 \cdot \text{cm}^3$$

Taivutus

$$M_{yd} := \frac{q_d \cdot L^2}{8} = 0.067 \frac{\text{m}^3}{\text{kg}} \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{myd} := \frac{M_{yd}}{W_{ef}} = 3.256 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} = 0.212$$

Käyttöaste 21 %

Leikkaus

$$V_d := \frac{q_d \cdot L}{2} = 10.502 \cdot \text{kN} \quad \tau_d := \frac{V_d \cdot S_{ef}}{I_{ef} \cdot b} = 0.123 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\tau_d}{f_{v90d}} = 0.154$$

Käyttöaste 15 %

Taipuma

$$w_{\text{instg}} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{0\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}} = 0.222 \cdot \text{mm}$$

$$w_{\text{instq}} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_k \cdot L^4}{E_{0\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}} = 2.221 \cdot \text{mm}$$

$$\Sigma u_{\text{inst}} := w_{\text{instg}} + w_{\text{instq}} = 2.443 \cdot \text{mm}$$

$$w_{\text{fin}} := (1 + k_{\text{def}}) \cdot w_{\text{instg}} + (1 + 0.3 \cdot k_{\text{def}}) w_{\text{instq}} = 3.154 \cdot \text{mm}$$

Värähtely

$$f_1 := \frac{\pi}{2 \cdot L^2} \cdot \sqrt{\frac{(E_{0\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}})}{m}} = 19.207 \text{ s Hz}$$

Ominaisvärähtelytaajuus on enemmän kuin 9 Hz, joten lattia ei ole herkkä resonoi-
maan.

Lattian vaadittu pistekuorma painumaa tarkisteltaessa on $F = 1 \text{ kN}$

Lattian painuma δ

$$k_s := \frac{4 \sqrt{(E_{0\text{mean}} \cdot I_B)}}{\sqrt{(E_{0\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}})}} = 0.073$$

$$\delta_1 := \frac{F \cdot L^2}{42 \cdot k_s \cdot (E_{0\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}})} = 0.0033372$$

$$\delta_2 := \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot (E_{0\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}})} = 0.546$$

Taipumista pienempi on alle 0,5 mm, joten lattia on kunnossa

Alin kiihtymisnopeus

$$k_{\text{quer}} := \sqrt{1 + \left[\left(\frac{1}{b} \right)^2 + \left(\frac{1}{b} \right)^4 \right] \cdot E_{0\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}} = 1$$

$$M := m \cdot \frac{1}{2 \cdot k_{\text{quer}}} \cdot b = 765$$

$$f_1 := 19.207$$

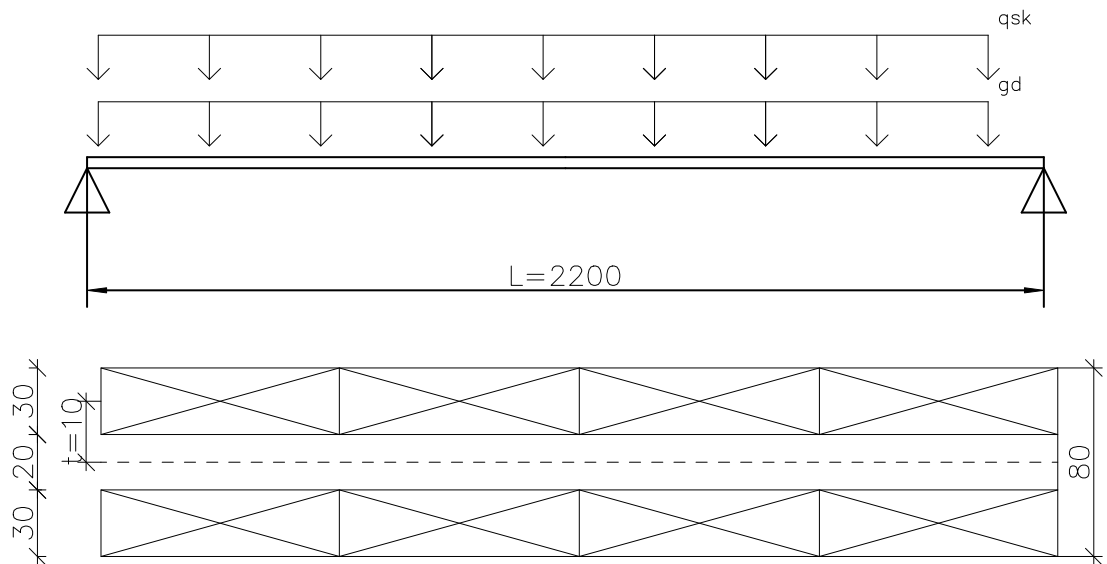
$$\alpha := e^{-0.47 \cdot f_1} = 0.00012$$

$$\alpha_{\text{rms}} := \frac{0.4 \cdot \alpha \cdot F}{2 \cdot D \cdot M} = 0.016$$

Lattian alin kiihtymisnopeus on 0,016 m/s²

3.5.3 Aukeavan osan katto

Aukeavan osan kattoon voidaan käyttää 60 mm:n CLT-levyä, koska tukileveys on aukeavassa osassa lyhyempi kuin uloimman osan katon tukileveys. Liitteessä 3 on esitetty rakenteen mitoitus 60 mm:n levyllä. Alla olevassa laskelmassa on esitetty mitoitus 80 mm:n CLT-levyllä.



Kuva 4: Aukeavan osan katto

Laskelma 4: Aukeavan osan katon mitoitus

$$q_{sk} := 3 \cdot 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} 1\text{m} = 2.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1\text{m} \cdot 0.08\text{m} = 0.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_d := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_{sk} = 4.06 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Keskipitkä aikaluokka

$$k_{\text{mod}} := 0.8 \quad k_{\text{def}} := 0.8$$

Tukileveys $L = 2200 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen paksuus $h = 30 \text{ mm}$

Tarkasteltavan osan leveys $b = 1000 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen etäisyys keskeisakselista $t = 10 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen keskeisakselin etäisyys levyn keskilinjasta $a_1 = 25 \text{ mm}$

$$\gamma := 1.25$$

$$b_c := 0.1$$

$$d := \frac{h}{2}$$

$$E_{0\text{mean}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{90\text{mean}} := 370 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{0.05} := 7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_r := 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad A_1 := b \cdot h$$

$$f_{vk} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{vd} := \frac{(f_{vk} \cdot k_{\text{mod}})}{g_M} = 1.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v90d} := .5 \cdot f_{vd} = 0.8 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{mk} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{md} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{\text{mod}})}{g_M} = 15.36 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\gamma_{y1} = \frac{1}{1 + \left[\frac{\left(\rho^2 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot A_1 \right)}{L^2} \cdot \frac{t}{(G_r \cdot b)} \right]} = 0.881379$$

$$I_{y1} := \frac{(b \cdot h^3)}{12} + g_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = 18775859 \text{mm}^4$$

$$I_{\text{ef}} := 2 \cdot I_{y1} = 3755 \cdot \text{cm}^4 \quad W_{\text{ef}} := \frac{I_{\text{ef}}}{g_1 \cdot a_1 + d} = 1014 \cdot \text{cm}^3 \quad S_{\text{ef}} := A_1 \cdot a_1 = 750 \cdot \text{cm}^3$$

Taivutus

$$M_{yd} := \frac{q_d \cdot L^2}{8} = 2.456 \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$s_{\text{myd}} := \frac{M_{yd}}{W_{\text{ef}}} = 2.422 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{s_{\text{myd}}}{f_{md}} = 0.158$$

Käyttöaste 16 %

Leikkaus

$$V_d := \frac{q_d \cdot L}{2} = 4.466 \cdot \text{kN} \qquad t_d := \frac{V_d \cdot S_{ef}}{I_{ef} \cdot b} = 0.089 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{t_d}{f_{v90d}} = 0.111$$

Käyttöaste 11 %

taipuma

$$w_{instg} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{0mean} \cdot I_{ef}} = 0.295 \cdot \text{mm}$$

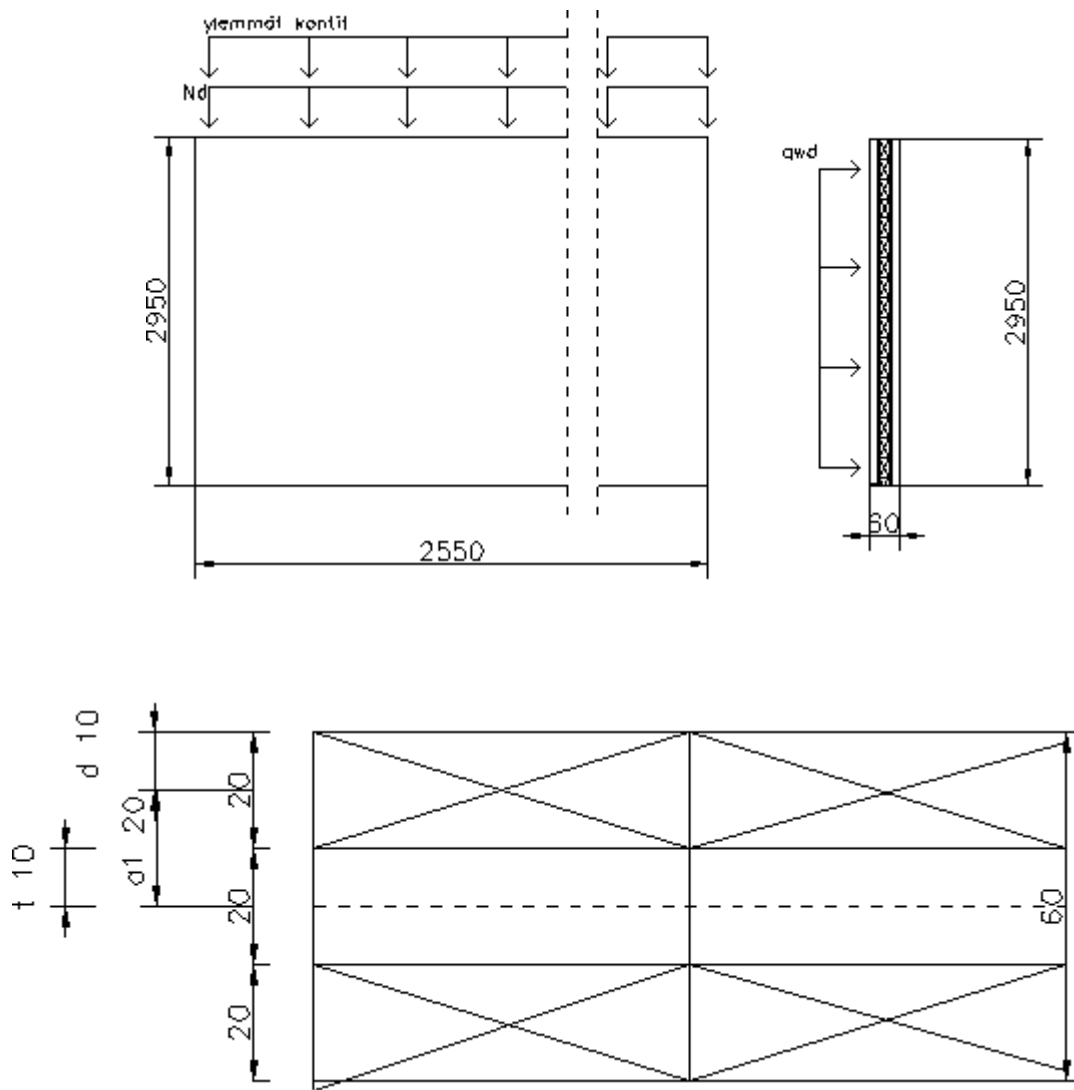
$$w_{instq} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{sk} \cdot L^4}{E_{0mean} \cdot I_{ef}} = 1.772 \cdot \text{mm}$$

$$S_{u_{inst}} := w_{instg} + w_{instq} = 2.068 \cdot \text{mm}$$

$$w_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot w_{instg} + (1 + 0.3 \cdot k_{def}) w_{instq} = 2.7 \cdot \text{mm}$$

3.5.4 Päätyseinät

Päätyseinät on suunniteltu kantamaan ylempien Kojujen kuormat, mikäli Kojuja kasaataan päällekkäin. 60mm:n CLT-levy kykenee kantamaan kahden päälle asennetun Kojun kuormat. Kuvassa 5 on esitetty kuormien jakautuminen päätyseinälle.



Kuva 5: Päätyseinien kuormitus

Laskelma 5: Päätyseinien mitoitus

$$N_d := \frac{1.15(q_{\text{kontti}}) \cdot 2 + 1.05 \cdot (q_{\text{sk}} \cdot 6\text{m} \cdot 2.55\text{m}) + 1.5 \cdot (q_{\text{hyöty}}) \cdot 2}{2.55\text{m}} = 78.552 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Keskipitkä aikaluokka $k_{\text{mod}} := 0.8$

Tarkasteltavan seinän leveys $b = 1000 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen paksuus $h = 20 \text{ mm}$ $d := \frac{h}{2}$

Nurjahduspituus $L_c = 2950 \text{ mm}$

kantavan leikkeen etäisyys keskeisakselista $t = 10 \text{ mm}$

kantavan leikkeen keskeisakselin etäisyys levyn keskilinjasta $a_1 = 20 \text{ mm}$

$$\gamma_M := 1.25 \quad E_{0\text{mean}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{90\text{mean}} := 370 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0.05} := 7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad G_r := 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c0k} := 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{c0d} := \frac{(f_{c0k} \cdot k_{\text{mod}})}{\gamma_M} = 13.44 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{mk} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{md} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{\text{mod}})}{\gamma_M} = 15.36 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_1 := b \cdot h = 51000 \text{ mm}^2$$

$$\gamma_1 := \frac{1}{1 + \left[\frac{(\pi^2 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot A_1)}{L_c^2} \cdot \frac{t}{(G_r \cdot b)} \right]} = 0.952471$$

$$I_{y1} := \frac{(b \cdot h^3)}{12} + \gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = 21130405 \text{ mm}^4$$

$$I_{\text{ef}} := 2 \cdot I_{y1} = 4226 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_{\text{ef}} := \frac{I_{\text{ef}}}{\gamma_1 \cdot a_1 + d} = 1455 \cdot \text{cm}^3 \quad A_{\text{ef}} := 2 \cdot A_1 = 102000 \cdot \text{mm}^2$$

$$i_y := \sqrt{\left(\frac{I_{\text{ef}}}{A_{\text{ef}}} \right)} = 20.355 \cdot \text{mm} \quad \lambda_y := \frac{L_c}{i_y} = 144.928$$

$$\lambda_{\text{rely}} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0k}}{E_{0.05}}} = 2.458$$

$$k_y := 0.5 \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rely}} - 0.3) + \lambda_{\text{rely}}^2 \right] = 3.628$$

$$k_{\text{cy}} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rely}}^2}} = 0.159 \quad k_{\text{cy}} \leq 1$$

$$N_{\text{xd}} := N_d \cdot b = 200.307 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{c0d} := \frac{N_{\text{xd}}}{A_{\text{ef}}} = 2.0 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

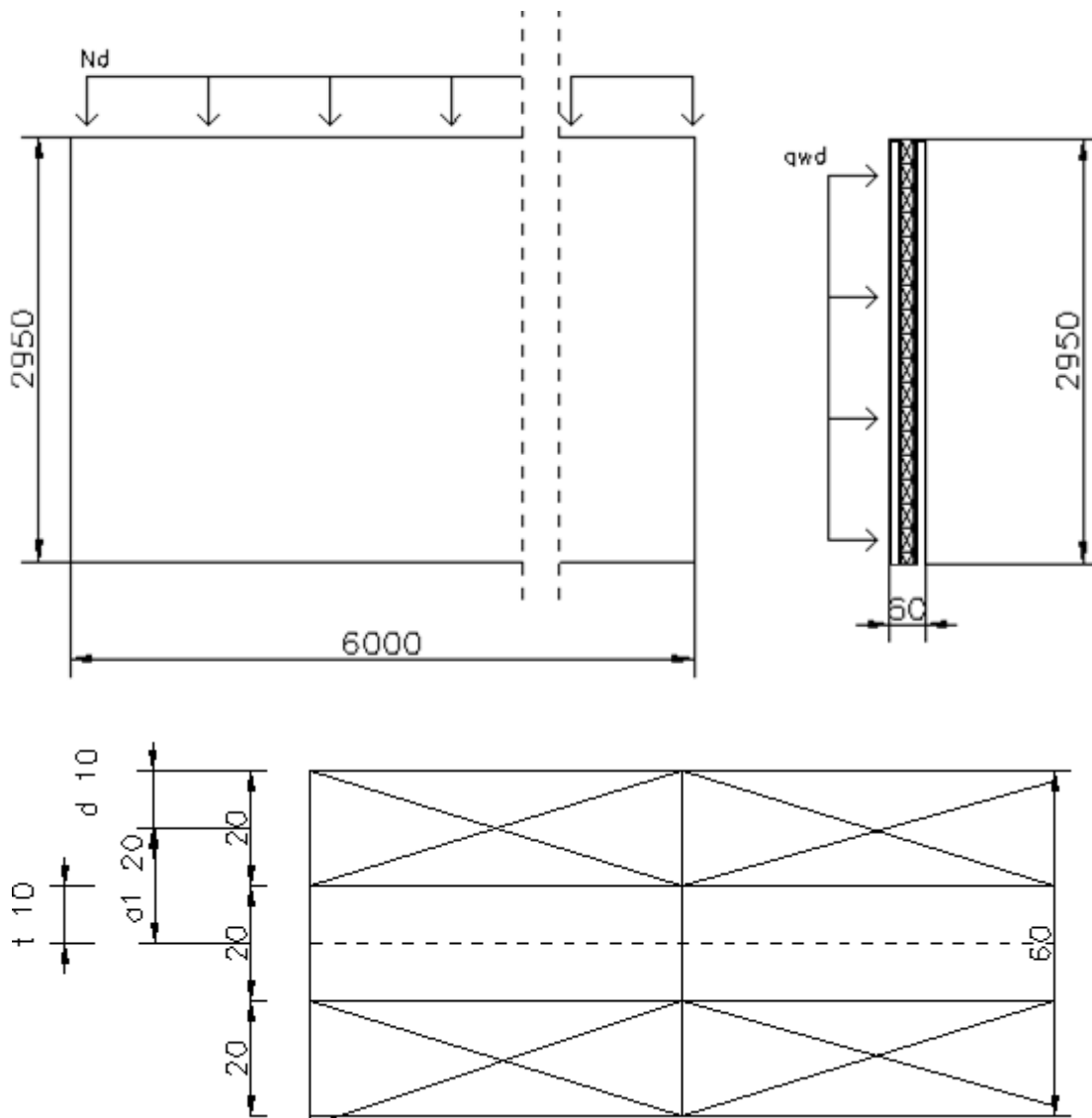
$$M_{\text{yd}} := \frac{(q_{\text{wd}} \cdot L_c^2)}{8} = 0.761 \cdot \text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\sigma_{\text{myd}} := \frac{M_{\text{yd}}}{W_{\text{ef}}} = 0.523 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{c0d}}{(k_{\text{cy}} \cdot f_{c0d})} + \left(\frac{\sigma_{\text{myd}}}{f_{\text{md}}} \right) = 0.954$$

Käyttöaste 96 %

3.5.5 Pitkä seinä



Kuva 6: Kiinteän osan pitkän seinän kuormitus

Laskelma 6: Kiinteän osan pitkän seinän mitoitus

Hetkellinen aikaluokka $k_{mod} := 0.8$

Katolta tuleva kuorma $N_d = 2 \text{ kN/m}$ ja seinään vaikuttava tuulikuorma on $0,7 \text{ kN/m}$

Tarkasteltavan seinän leveys $b = 1000 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen paksuus $h = 20 \text{ mm}$

Nurjahduspituus $L_c = 2950 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen etäisyys keskeisakselista $t = 10 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen keskeisakselin etäisyys levyn keskilinjasta $a_1 = 20 \text{ mm}$

$$\beta_c := 0.1 \quad \gamma_M := 1.25$$

$$E_{0\text{mean}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{90\text{mean}} := 370 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0.05} := 7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad G_r := 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{c0k} := 21 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{c0d} := \frac{(f_{c0k} \cdot k_{\text{mod}})}{\gamma_M} = 13.44 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{mk} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{md} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{\text{mod}})}{\gamma_M} = 15.36 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_1 := b \cdot h = 20000 \cdot \text{mm}^2$$

$$\gamma_1 := \frac{1}{1 + \left[\frac{(\pi^2 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot A_1)}{L_c^2} \cdot \frac{t}{(G_r \cdot b)} \right]} = 0.952471$$

$$I_{y1} := \frac{(b \cdot h^3)}{12} + \gamma_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = 8286433 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{\text{ef}} := 2 \cdot I_{y1} = 1657 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_{\text{ef}} := \frac{I_{\text{ef}}}{\gamma_1 \cdot a_1 + d} = 571 \cdot \text{cm}^3$$

$$A_{\text{ef}} := 2 \cdot A_1 = 40000 \cdot \text{mm}^2$$

$$i_y := \sqrt{\left(\frac{I_{\text{ef}}}{A_{\text{ef}}} \right)} = 20.355 \cdot \text{mm}$$

$$\lambda_y := \frac{L_c}{i_y} = 144.928$$

$$\lambda_{\text{rely}} := \frac{\lambda_y}{\pi} \cdot \sqrt{\frac{f_{c0k}}{E_{0.05}}} = 2.458$$

$$k_y := 0.5 \left[1 + \beta_c \cdot (\lambda_{\text{rely}} - 0.3) + \lambda_{\text{rely}}^2 \right] = 3.628$$

$$k_{cy} := \frac{1}{k_y + \sqrt{k_y^2 - \lambda_{\text{rely}}^2}} = 0.159 \quad k_{cy} \leq 1$$

$$N_{xd} := N_d \cdot b = 2 \cdot \text{kN}$$

$$\sigma_{c0d} := \frac{N_{xd}}{A_{\text{ef}}} = 0.1 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

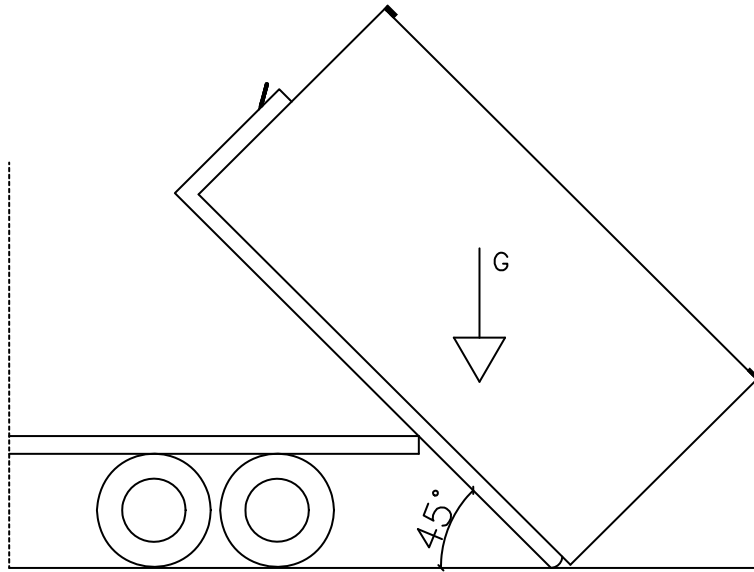
$$M_{yd} := \frac{(q_{wd} \cdot L_c^2)}{8} = 0.761 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad \sigma_{myd} := \frac{M_{yd}}{W_{\text{ef}}} = 1.335 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{\sigma_{c0d}}{(k_{cy} \cdot f_{c0d})} + \left(\frac{\sigma_{myd}}{f_{md}} \right) = 0.11$$

käyttöaste 11 %

3.6 Liittimet

Seinien kiinnitykseen käytettävien liittimien kuormat tulevat tuulesta ja Kojun noston yhteydessä kallistumisesta. Kuva 3 esittää Kojun nostotilanteen. Kojun aukeava osa on "irallinen" ja rasittaa siten ulko-osan liittimiä. Tuettaessa Koju nostolenkin kohdalta vaihtolavakiskoon, saadaan rakenne jäykistetyksi ja nurkkien liittimille tulee ai-noastaan leikkausrasitusta.



Kuva 7 Kojun nostotilanne

Laskelma 7: Liittimiä kuormittavat voimat

$$F_{\text{katto}} := 80\text{mm} \cdot 6\text{m} \cdot 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 2.4 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$F_{\text{päädyt}} := 60\text{mm} \cdot 3\text{m} \cdot 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} = 0.9 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$F_{\text{palkki}} := \frac{140\text{mm} \cdot 270\text{mm} \cdot 6\text{m} \cdot 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{3\text{m}} = 0.378 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$F_{\text{sisäosa}} := \frac{\left[2400\text{mm} \cdot 80\text{mm} \cdot 5800\text{mm} \cdot 2 + (2400\text{mm} \cdot 60\text{mm} \cdot 5800\text{mm}) + (2400\text{mm} \cdot 2400\text{mm} \cdot 60\text{mm}) \cdot 2 \right] \cdot 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3}}{3\text{m}} = 6.256 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Päätyliitoksille tulevan voiman ominaisarvo

$$\frac{F_{\text{katto}} + F_{\text{pääty}} \cdot 2 + \frac{F_{\text{sisäosa}}}{2}}{2} = 3.664 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Liittimiä kuormittavat kontin suuntaiset voimat, ja turvakertoimena käytetään neljää.

$$f_{\text{ulk}} = 4 \cdot 3.664 \text{ kN/m} \cdot \sin 45^\circ = 10.36 \text{ kN/m}$$

Tarvittavat liittimet

Tavallisten suorien liittimien käyttäminen ei ole tässä tapauksessa järkevää, koska liittimien määrää joudutaan kasvattamaan suhteettoman suureksi. Liitteessä 4 on esitetty Kojun liitosmitoitus suorilla liittimillä. Konttiin päädyttiin käyttämään SFS WT-T puuruuveja ja ristiin ruuvausta.

$$\text{Ruuvien ulosvetolujuuden mitoitusarvo } f_{\text{ad}} := \frac{1.1}{1.25} \cdot 4.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} = 3.96 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\text{Ruuvin nimellispaksuus} \quad d := 8.2 \text{ mm}$$

$$\text{Ruuvin kierreosan pituus} \quad s_g := 65 \text{ mm}$$

$$\text{Ruuviparien määrä} \quad n_p := 2$$

$$\text{Ruuvin vetomurtolujuus hetkellisessä aikaluokassa} \quad F_{\text{ud}} := 19 \text{ kN}$$

R_{cd} ja R_{td} arvoista käytetään pienempää

$$R_{cd1} := 0.8 \cdot F_{ud} = 15.2 \text{ kN}$$

$$R_{cd2} := f_{ad} \cdot \pi \cdot d \cdot s_g = 6.631 \text{ kN}$$

$$R_{td1} := f_{ad} \cdot \pi \cdot d \cdot (s_g - d) = 5.794 \text{ kN}$$

$$R_{td2} := F_{ud} = 19 \text{ kN}$$

Liitoksen leikkauskapasiteetin mitoitusarvo

$$R_d := n_p \cdot (R_{cd2} + R_{td1}) \cdot 0.5 = 12.425 \text{ kN}$$

Käytettäessä WT-T 8,2 x 160 mm:n puuruuveja riittää seinien kiinnitykseen ruuvipari jaolla 500 mm:n jaolla, kun ruuvien kulma on 60°.

Katon tukipalkin kiinnitykseen CLT levyyn, sekä seinien kiinnittämiseen käytetään WT-T 8,2x160 mm:n puuruuveja jaolla k-k 500 mm.

4 YHTEENVETO

Koju onnistuttiin mitoittamaan ja suunnittelemaan CLT-rakenteisena. Mitoitus tuotti vaikeuksia, koska CLT:n mitoitus on vielä kehitysasteella. CLT:n edut eivät pääse täysiin oikeuksiinsa tämän kaltaisessa rakenteessa, koska ainoastaan päätyseinissä voidaan täysin hyödyntää CLT-levyn kantokykyä. Vaakarakenteissa 80 mm:n CLT-levy ei ole riittävän jäykkä kojun toimivuuden takaamiseksi. Vaihtoehtoisiksi jäi CLT-levyn paksuuden lisääminen tai tukipalkki. Tässä opinnäytetyössä käytetyt ratkaisut ovat helposti muutettavissa esimerkiksi rankarakenteiseksi. CLT:hen asennettavien liittimien mitoittaminen on vaikeaa, koska CLT:ssä on useita kerroksia jotka kantavat eri suuntiin. Tästä johtuen tarkkaa liitinvoimaa ei pystytä aukottomasti määrittämään nykyisillä laskelmilla. Tässä työssä on käytetty CLT:hen liittämiseen mahdollisimman pitkiä liittimiä, jotta voidaan varmistua liittimen oikeaan rakennekerrokseen kiinnityminen. Kojun sisustamista ei ole tässä opinnäytetyössä käsitelty. Sisustaminen vaatii lisäselvityksiä, jotta ratkaisu olisi mahdollisimman tehokas. CLT-levyllä toteutettuna Koju on käyttökelpoinen ja toimiva, mutta talvikäytössä energiakustannukset ovat suuret. Energiakustannuksien pienentämiseksi eristetty kontti olisi tehokkaampi rat-

kaisu. Kojun eristäminen vaatii tarkempaa selvittelyä, jotta eristys ei vaikuta Kojun käyttävyyteen. Tilaajan toive murtovarmuudesta kiinnipainettuna toteutuu CLT-rakenteisena hyvin. Kojun ollessa suljettuna, Kojussa ei ole aukkoja joista voi murtautua sisään. CLT-rakenteisesta seinästä on huomattavasti vaikeampia murtautua kuin vastaavan paksuisesta eristetystä rankarakenteesta.

LÄHTEET

Building Solutions. 2011. Stora Enso. 4-17

Eurokoodi 5. 2011. Suomen Standardisoimisliitto SFS ry. 14–17

Rimezt, B. 2011 Future of Wood Update / X Marks the Opportunity. ProSales magazine kesäkuu 2011. noudettu osoitteesta

<http://www.prosalesmagazine.com/engineered-wood/future-of-wood-update---x-marks-the-opportunity.aspx>, [Viitattu 20.11.2013]

Valtioneuvoston asetus ajoneuvojen käytöstä tiellä annetun asetuksen muuttamisesta, 2013. Noudettu osoitteesta

[http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130407?search\[type\]=pika&search\[pika\]=kuljetuksen%20leveys. 25§.](http://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2013/20130407?search[type]=pika&search[pika]=kuljetuksen%20leveys.25%24) [Viitattu 20.11.2013]

Massive Timber Construction Systems. 2012. Forest and Wood Products Australia s. 4. Ladattu osoitteesta Wood Solutions.com.au. [Viitattu 24.09.2013]

mitat

Kiinteä osa	pituus [mm]	leveys [mm]	paksuus [mm]	massa	
lattia	6000	2550	80	575	kg
katto	6000	2550	80	575	kg
pitkä seinä	5880	2840	60	471	kg
päätyseinä	2550	2840	60	204	kg
tukipalkki	6000	140	315	114	kg

aukeava osa

lattia	5680	2450	80	521	kg
katto	5680	2310	80	492	kg
pitkäseinä	5560	2460	60	387	kg
päätyseinä	2450	2460	60	171	kg
tukipalkki	5660	140	315	108	kg

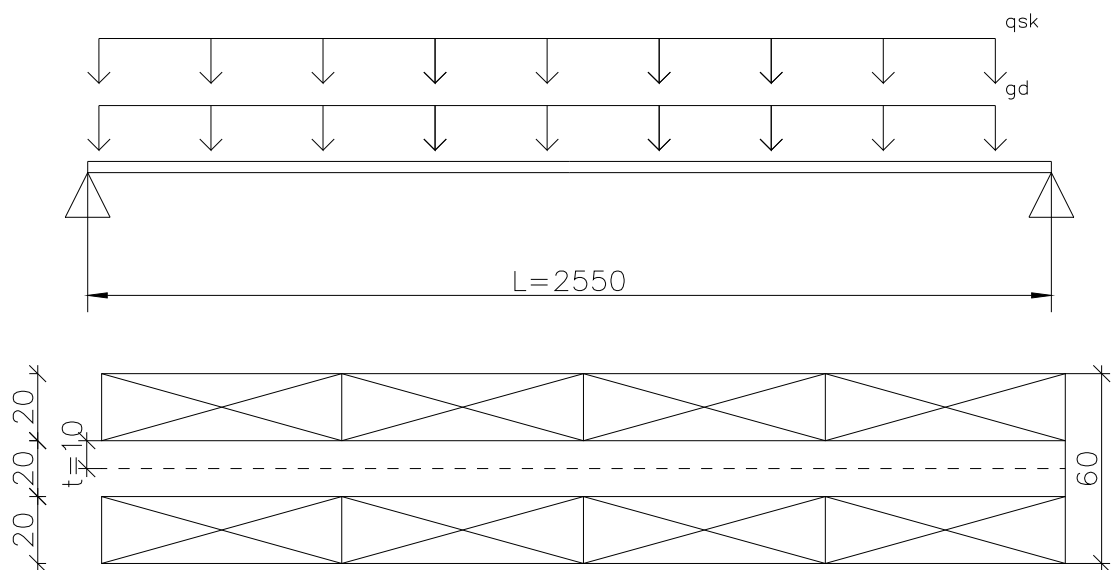
ovi	2100	1000	60	59	kg
ikkuna	2100	1300	60	77	kg

kiskot ipe 180

vaihtolava kehik- ko	14000	263	kg
-------------------------	-------	-----	----

kokonaispaino	4321	kg
---------------	------	----

Kiinteän osan katon tarkastelu jos 60 mm:n paksuna levynä



$$q_{sk} := 3 \cdot 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} 1\text{m} = 2.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1\text{m} \cdot 0.08\text{m} = 0.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_d := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_{sk} = 4.06 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

keskipitkä aikaluokka

$$k_{\text{mod}} := 0.8$$

$$k_{\text{def}} := 0.8$$

tuki leveys L

$$L := 2550\text{mm}$$

kantavan leikkien paksuus h

$$h := 20\text{mm}$$

$$\text{Tarkasteltavan osan leveys } b = 1000\text{mm}$$

$$\text{Kantavan leikkeen etäisyys keskeisakselista } t = 10 \text{ mm}$$

$$\text{Kantavan leikkeen keskeisakselin etäisyys levyn keskilinjasta } a_1 = 20 \text{ mm}$$

$$b_c := 0.1 \quad g_M := 1.25 \quad d := \frac{h}{2} \quad G_r := 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$E_{0\text{mean}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{90\text{mean}} := 370 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{0.05} := 7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$A_1 := b \cdot h$$

$$f_{vk} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{vd} := \frac{(f_{vk} \cdot k_{\text{mod}})}{g_M} = 1.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v90d} := .5 \cdot f_{vd} = 0.8 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{mk} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{md} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{\text{mod}})}{g_M} = 15.36 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$g_1 := \frac{1}{1 + \left[\frac{(p^2 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot A_1)}{L^2} \cdot \frac{t}{(G_r \cdot b)} \right]} = 0.937397$$

$$I_{y1} := \frac{(b \cdot h^3)}{12} + g_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = 8165842 \text{mm}^4$$

$$I_{ef} := 2 \cdot I_{y1} = 1633 \cdot \text{cm}^4$$

$$W_{ef} := \frac{I_{ef}}{g_1 \cdot a_1 + d} = 568 \cdot \text{cm}^3 \quad S_{ef} := A_1 \cdot a_1 = 400 \cdot \text{cm}^3$$

Taivutus

$$M_{yd} := \frac{q_d \cdot L^2}{8} = 3.3 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad s_{myd} := \frac{M_{yd}}{W_{ef}} = 5.809 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{s_{myd}}{f_{md}} = 0.378$$

Käyttöaste 38 %

Leikkaus

$$V_d := \frac{q_d \cdot L}{2} = 5.177 \cdot \text{kN} \quad t_d := \frac{V_d \cdot S_{ef}}{I_{ef} \cdot b} = 0.127 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{t_d}{f_{v90d}} = 0.158$$

Käyttöaste 16 %

taipuma

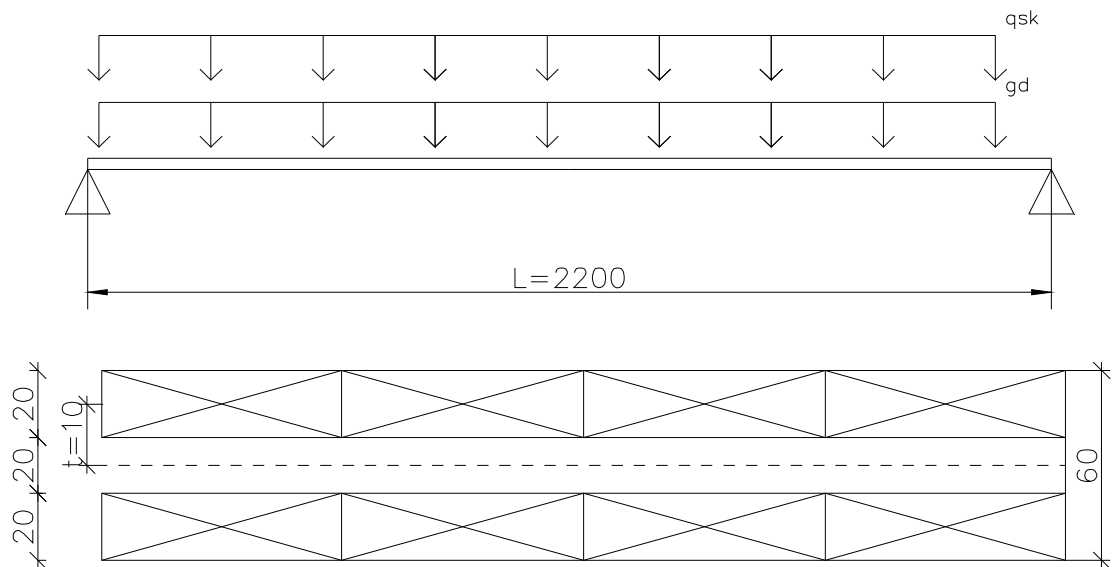
$$w_{instg} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{0mean} \cdot I_{ef}} = 1.226 \cdot \text{mm}$$

$$w_{\text{instq}} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{\text{sk}} \cdot L^4}{E_{0\text{mean}} \cdot I_{\text{ef}}} = 7.355 \cdot \text{mm}$$

$$S_{u_{\text{inst}}} := w_{\text{instg}} + w_{\text{instq}} = 8.581 \cdot \text{mm}$$

$$w_{\text{fin}} := (1 + k_{\text{def}}) \cdot w_{\text{instg}} + (1 + 0.3 \cdot k_{\text{def}}) w_{\text{instq}} = 11.3 \cdot \text{mm}$$

Aukeavan osan katto 60 mm:n CLT-levyllä



$$q_{sk} := 3 \cdot 0.8 \frac{\text{kN}}{\text{m}^2} \cdot 1\text{m} = 2.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$g_k := 5 \frac{\text{kN}}{\text{m}^3} \cdot 1\text{m} \cdot 0.08\text{m} = 0.4 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

$$q_d := 1.15 \cdot g_k + 1.5 \cdot q_{sk} = 4.06 \cdot \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

Keskipitkä aikaluokka

$$k_{\text{mod}} := 0.8$$

$$k_{\text{def}} := 0.8$$

tuki leveys $L = 2200 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen paksuus $h = 20 \text{ mm}$

Tarkasteltavan osan leveys $b = 1000 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen etäisyys keskeisakselista $t = 10 \text{ mm}$

Kantavan leikkeen keskeisakselin etäisyys levyn keskilinjasta $a_1 = 20 \text{ mm}$

$$b_c := 0.1 \quad g_M := 1.25 \quad d := \frac{h}{2}$$

$$E_{0\text{mean}} := 11000 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{90\text{mean}} := 370 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad E_{0.05} := 7400 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$G_r := 50 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad A_1 := b \cdot h$$

$$f_{vk} := 2.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{vd} := \frac{(f_{vk} \cdot k_{\text{mod}})}{g_M} = 1.6 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{v90d} := .5 \cdot f_{vd} = 0.8 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$f_{mk} := 24 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \quad f_{md} := \frac{(f_{mk} \cdot k_{\text{mod}})}{g_M} = 15.36 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$g_1 := \frac{1}{1 + \left[\frac{(p^2 \cdot E_{0\text{mean}} \cdot A_1)}{L^2} \cdot \frac{t}{(G_r \cdot b)} \right]} = 0.917664$$

$$I_{y1} := \frac{(b \cdot h^3)}{12} + g_1 \cdot A_1 \cdot a_1^2 = 8007977 \cdot \text{mm}^4$$

$$I_{\text{ef}} := 2 \cdot I_{y1} = 1602 \cdot \text{cm}^4 \quad W_{\text{ef}} := \frac{I_{\text{ef}}}{g_1 \cdot a_1 + d} = 565 \cdot \text{cm}^3$$

$$S_{\text{ef}} := A_1 \cdot a_1 = 400 \cdot \text{cm}^3$$

Taivutus

$$M_{yd} := \frac{q_d \cdot L^2}{8} = 2.456 \cdot \text{kN} \cdot \text{m} \quad s_{myd} := \frac{M_{yd}}{W_{ef}} = 4.348 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{s_{myd}}{f_{md}} = 0.283 \quad \text{Käyttöaste } 28 \%$$

Leikkaus

$$V_d := \frac{q_d \cdot L}{2} = 4.466 \cdot \text{kN} \quad t_d := \frac{V_d \cdot S_{ef}}{I_{ef} \cdot b} = 0.112 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$\frac{t_d}{f_{v90d}} = 0.139$$

Käyttöaste 14 %

taipuma

$$w_{instg} := \frac{5}{384} \cdot \frac{g_k \cdot L^4}{E_{0mean} \cdot I_{ef}} = 0.693 \cdot \text{mm}$$

$$w_{instq} := \frac{5}{384} \cdot \frac{q_{sk} \cdot L^4}{E_{0mean} \cdot I_{ef}} = 4.155 \cdot \text{mm}$$

$$S_{u_{inst}} := w_{instg} + w_{instq} = 4.848 \cdot \text{mm}$$

$$w_{fin} := (1 + k_{def}) \cdot w_{instg} + (1 + 0.3 \cdot k_{def}) w_{instq} = 6.4 \cdot \text{mm}$$

Liittimien mitoitus suorilla ruuveilla

Hetkellinen aikaluokka, käyttöluokka 2

$$t_1 := 80 \quad t_2 := 120 \quad f_{uk} := 500 \quad d := 8 \quad \beta := 1 \quad \rho := 350$$

$$f_{hk} := 60 \cdot d^{-0.3} \quad M_{yRK} := 0.3 \cdot f_{uk} \cdot d^{2.6} = 3.343 \times 10^4$$

EC 5 KOHTA 8.2.2

$$F_{vrk1} := f_{hk} \cdot t_1 \cdot d = 2.058 \times 10^4$$

$$F_{vrk2} := f_{hk} \cdot t_2 \cdot d = 3.087 \times 10^4$$

$$f_{vrk3} := \left[\frac{f_{hk} \cdot t_1 \cdot d}{1 + \beta} \cdot \left[\sqrt{\beta + 2 \cdot \beta^2 \left[1 + \frac{t_2}{t_1} + \left(\frac{t_2^2}{t_1^2} \right) \right]} + \beta^3 \left(\frac{t_2^2}{t_1^2} \right) - \beta \cdot \left(1 + \frac{t_2}{t_1} \right) \right] \right] = 1.102 \times 10^4$$

$$f_{vrk4} := 1.05 \cdot \frac{f_{hk} \cdot t_1 \cdot d}{2 + \beta} \left[\sqrt{2\beta \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) M_{yRK}}{f_{hk} \cdot d \cdot t_1^2}} - \beta \right] = 7.635 \times 10^3$$

$$f_{vrk5} := 1.05 \cdot \frac{(f_{hk} \cdot t_2 \cdot d)}{1 + 2\beta} \left[\sqrt{2\beta^2 \cdot (1 + \beta) + \frac{4\beta \cdot (2 + \beta) M_{yRK}}{f_{hk} \cdot d \cdot t_2^2}} - \beta \right] = 1.109 \times 10^4$$

$$f_{vrk6} := 1.15 \cdot \sqrt{\frac{2\beta}{1 + \beta}} \cdot \sqrt{2 \cdot M_{yRK} \cdot f_{hk} \cdot d} = 4.769 \times 10^3$$

$$R_k := 476.9 \text{ N}$$

$$k_{mod} := 1.1 \quad \gamma_M := 1.25$$

Liittimien mitoitusarvossa käytetään edellisistä raja-arvoista pienintä

$$R_d := \frac{k_{\text{mod}}}{\gamma_M} \cdot R_k$$

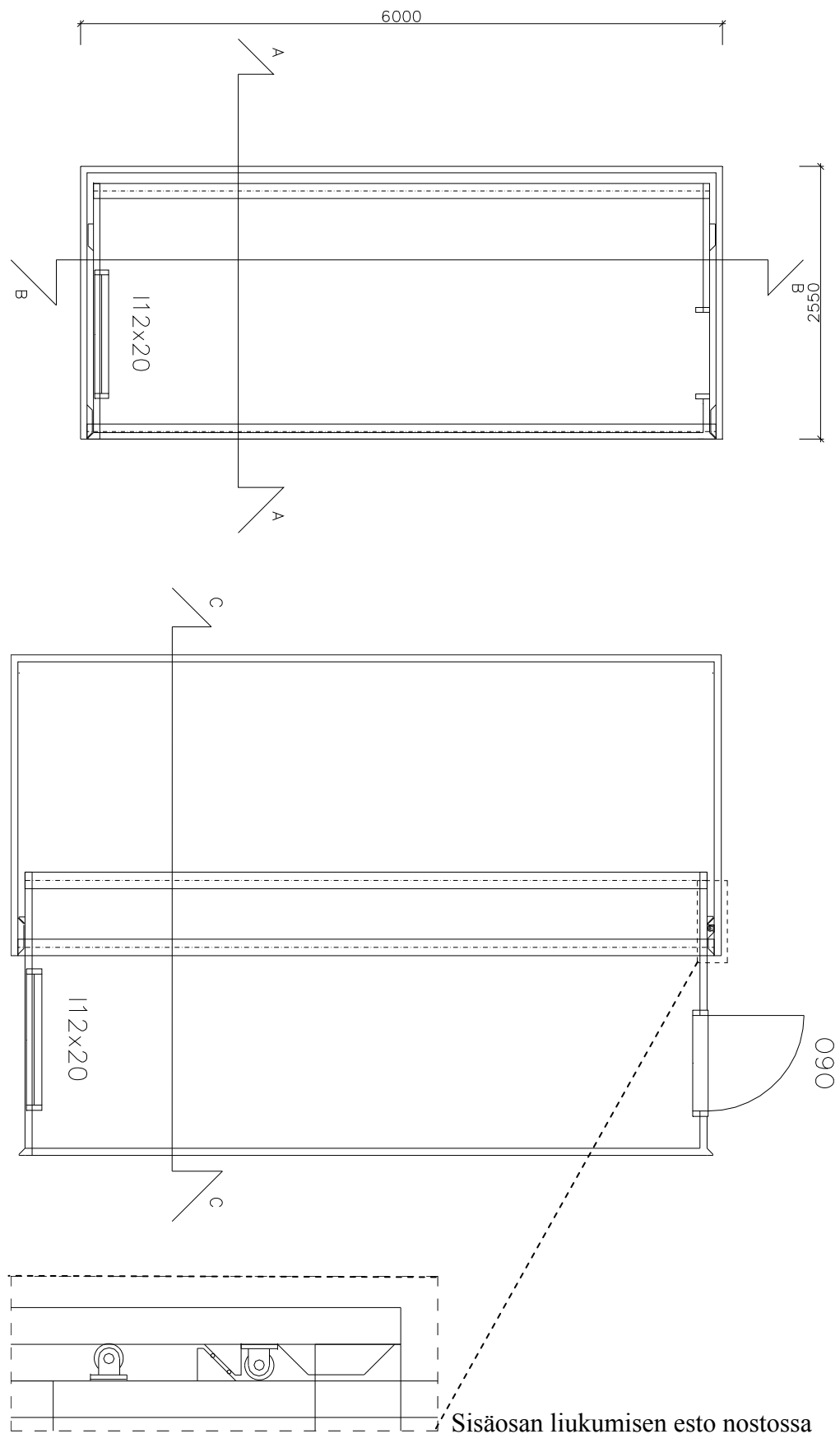
$$R_d = 419.672 \text{ N}$$

Ulkoinen kuormitus nostotilanteessa on

$$f_{\text{ulk}} := 10.36 \frac{\text{kN}}{\text{m}}$$

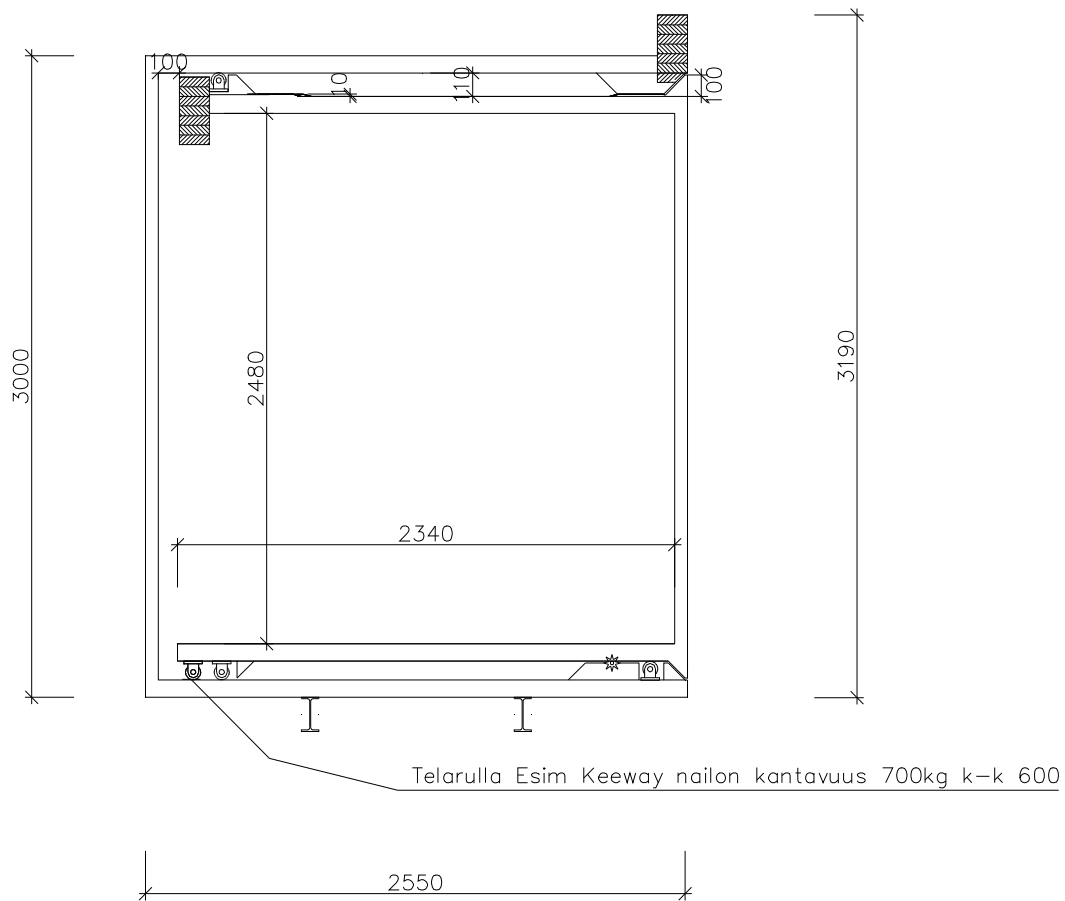
Liitinten määrä metrille

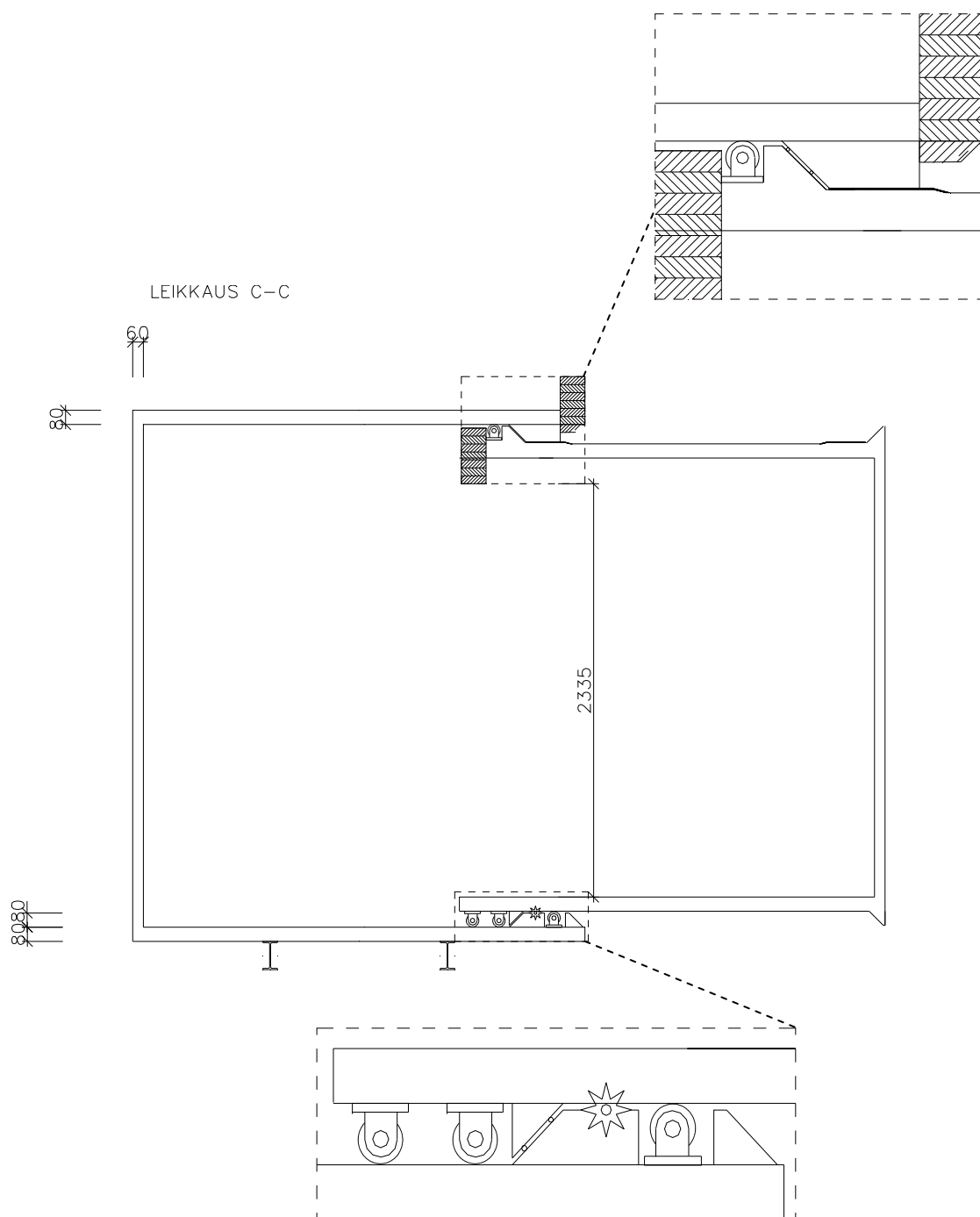
$$n := \frac{f_{\text{ulk}}}{R_d} = 24.686 \frac{1}{\text{m}}$$



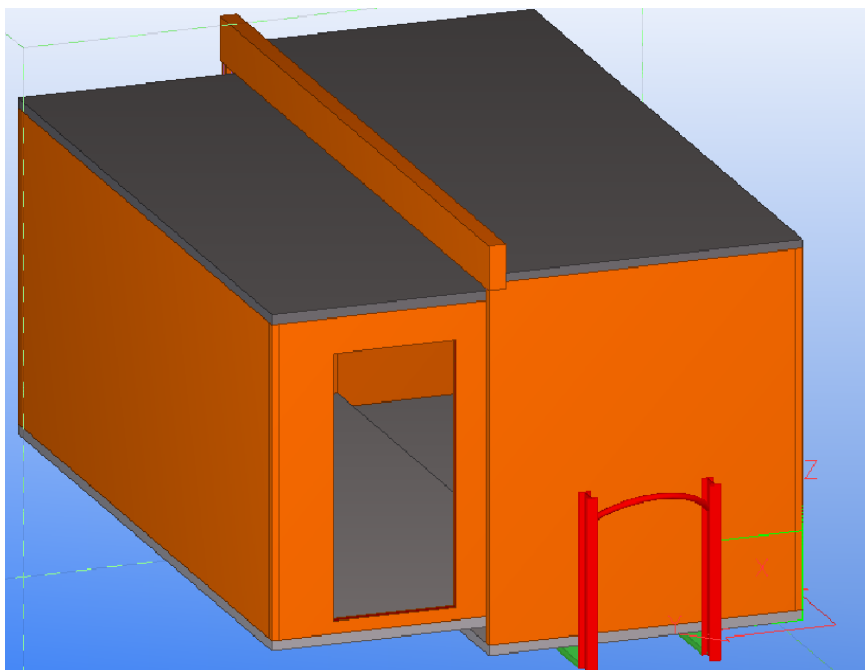
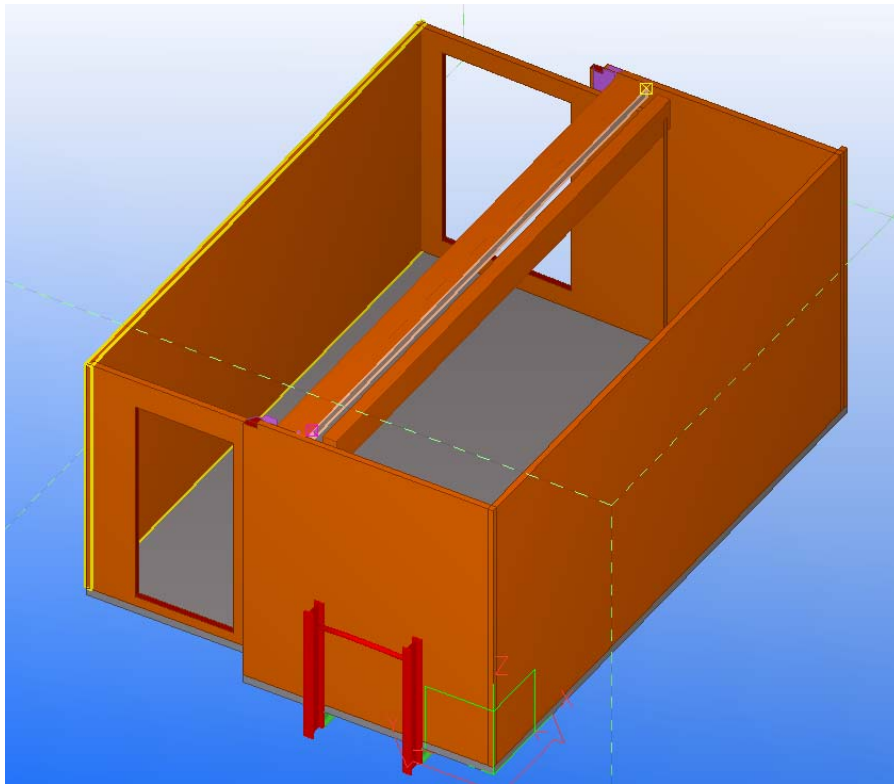
Liite 6 Kojun leikkauskuvat

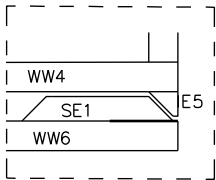
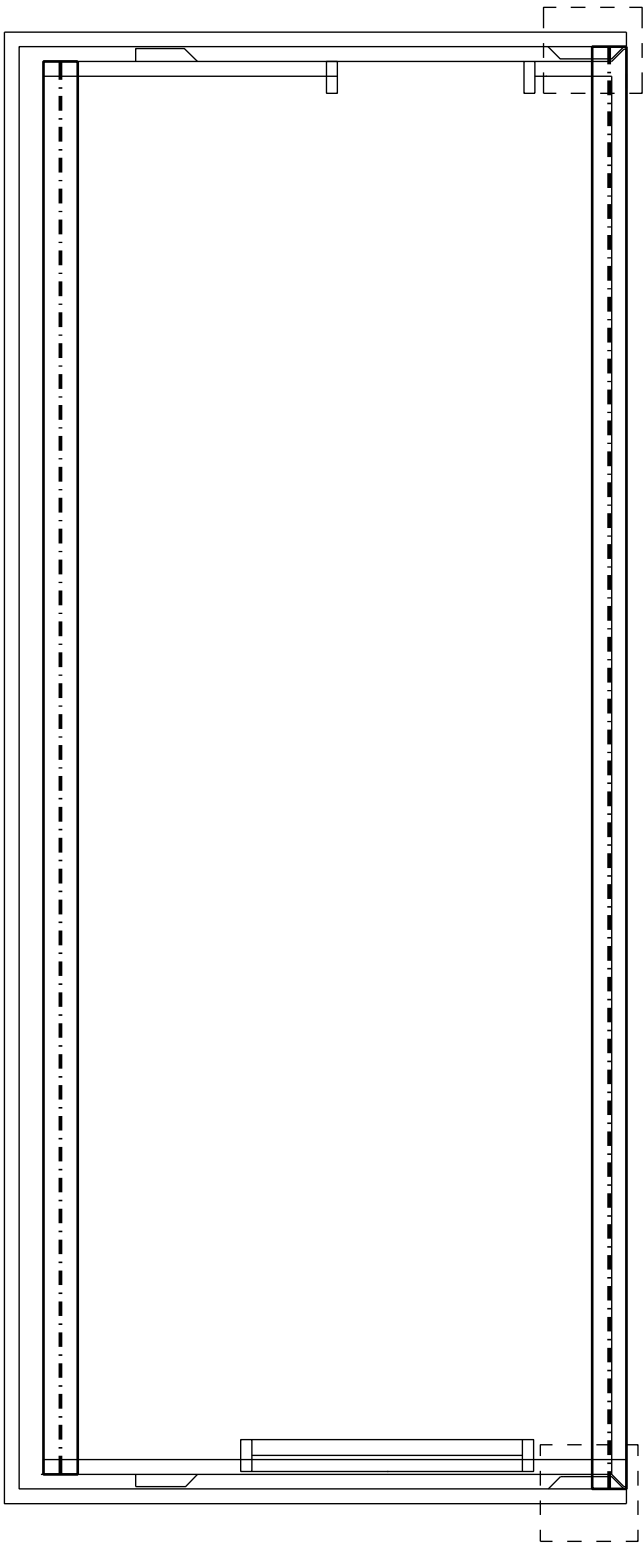
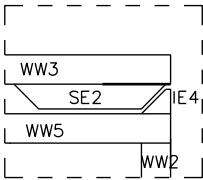
LEIKKAUS A-A



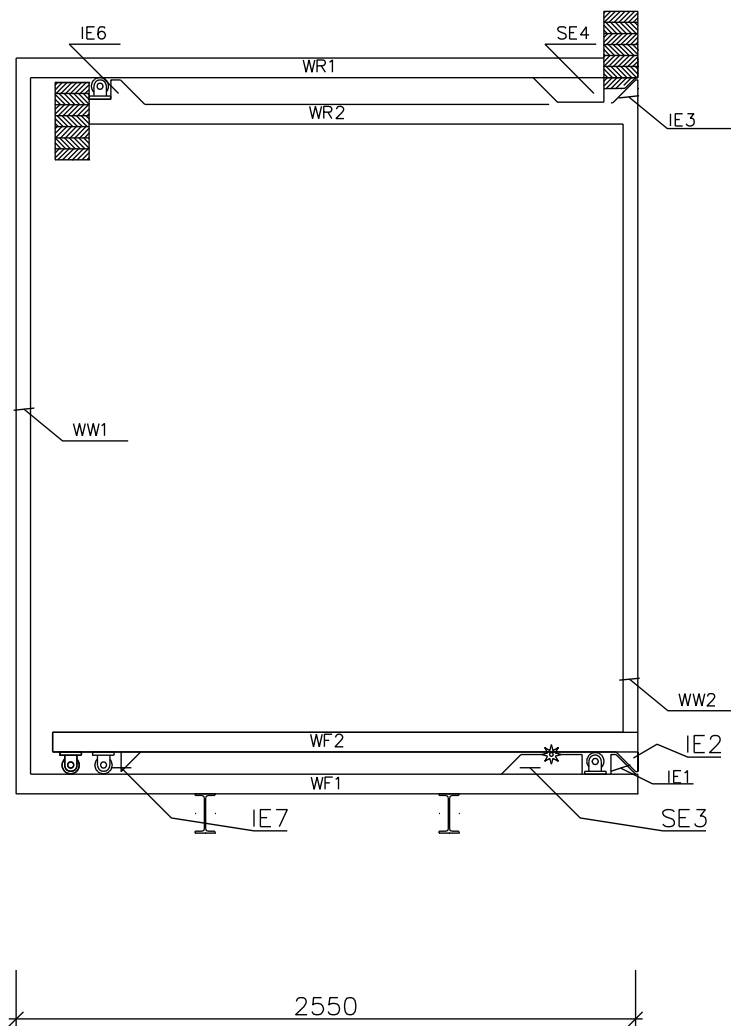


Kojun 3D kuva ulkoa





KOKOONPANOPIIRUSTUS			NO.
<div>TYÖN NIMI</div> <div>KOJU</div>			
ELEMENTTI		TUNNUS	KPL
			1
CLT TYYPPI			MK
			1: 30
PINNAT			SUUN.
			KOLPPO
SUUN.ALA	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS
ELE			

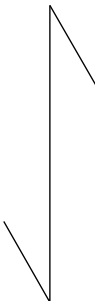


KOKOONPANOPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI		TUNNUS	KPL 1
CLT TYYPI			MK 1:30
PINNAT			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS

WALL ELEMENT, WW1

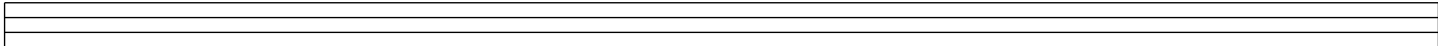
CLT 60 C3s

SURFACE QUALITY, BOTH SIDE VISIBLE



2840

5880



View

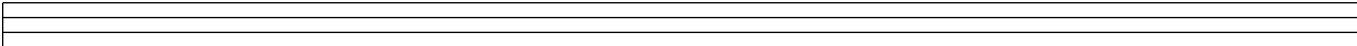
ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT SEINÄELEMENTTI		TUNNUS WW1	KPL 1
CLT TYYPI CLT 60 C3s			MK 1:30
PINNAT MOLEMMAT PUOLET NÄKYVISSÄ			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS

WALL ELEMENT, WW2
CLT 60 C3s
SURFACE QUALITY, BOTH SIDE VISIBLE



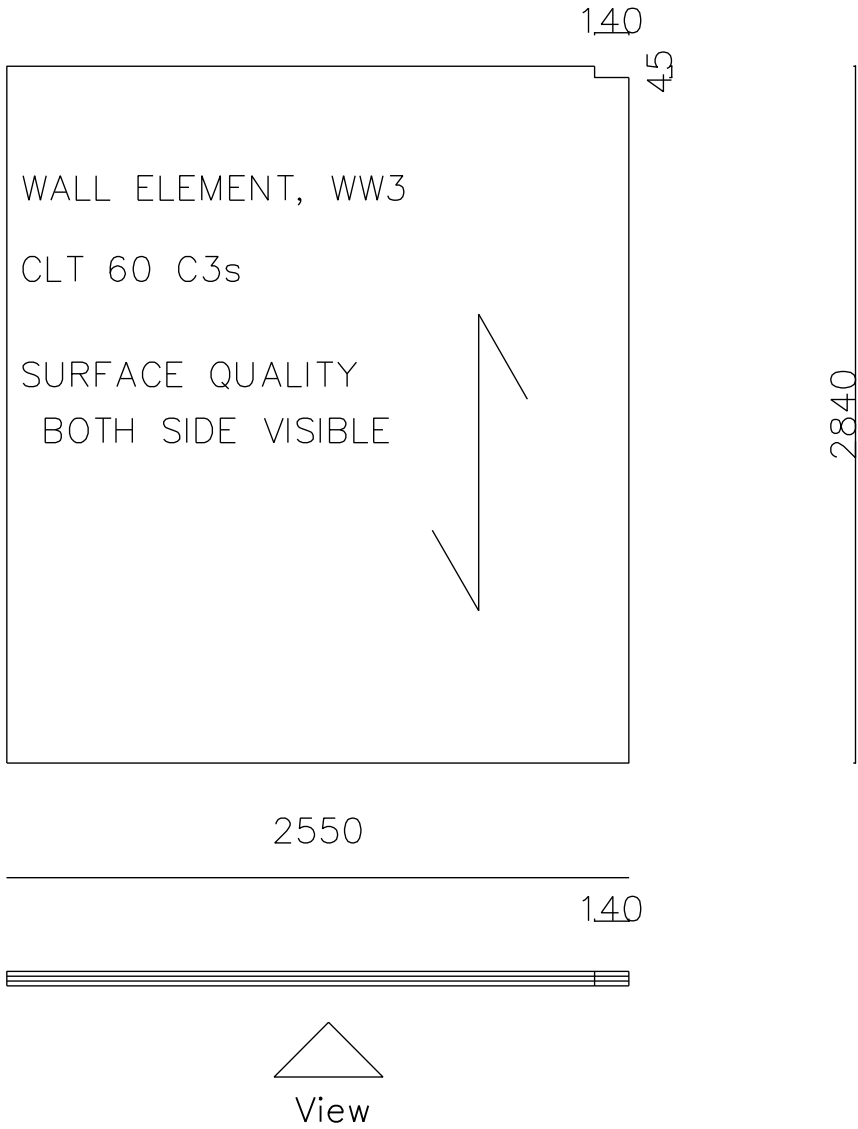
2460

5560

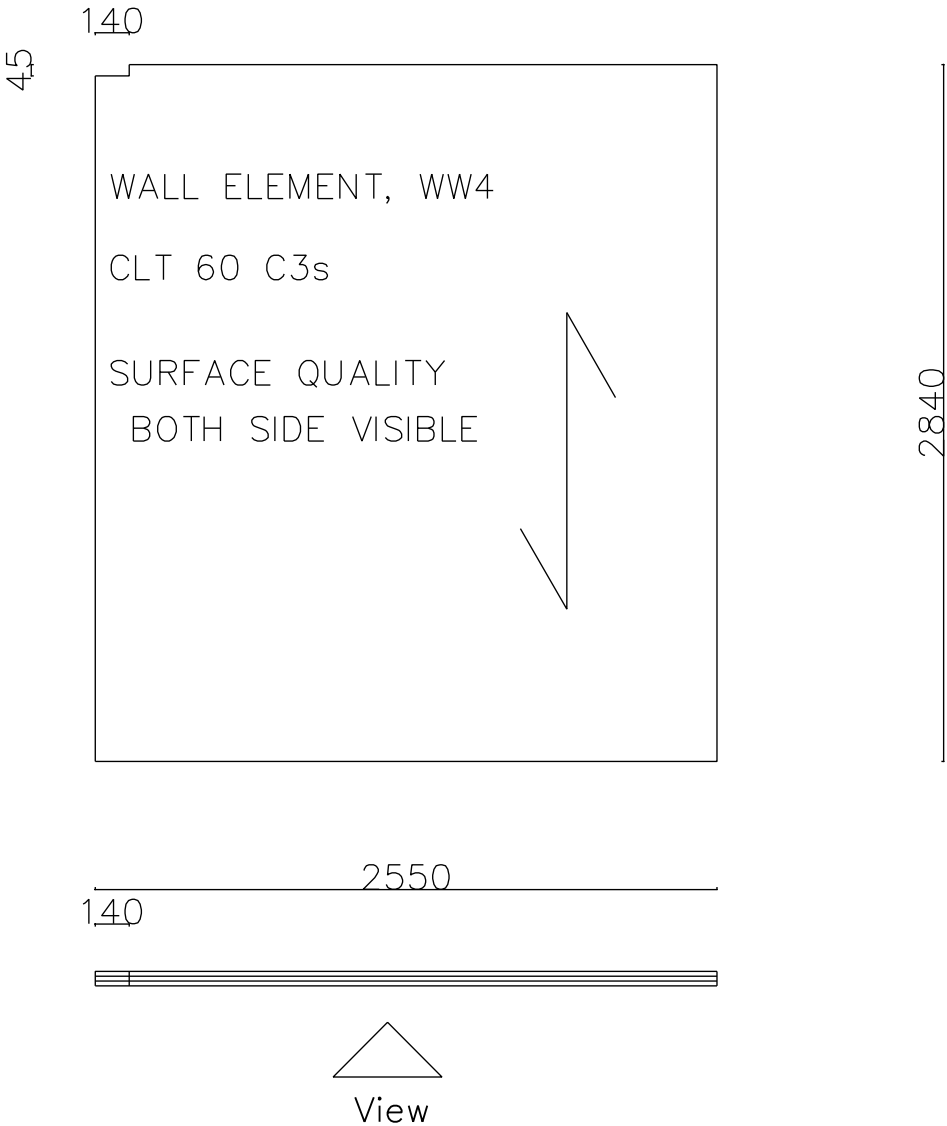


View

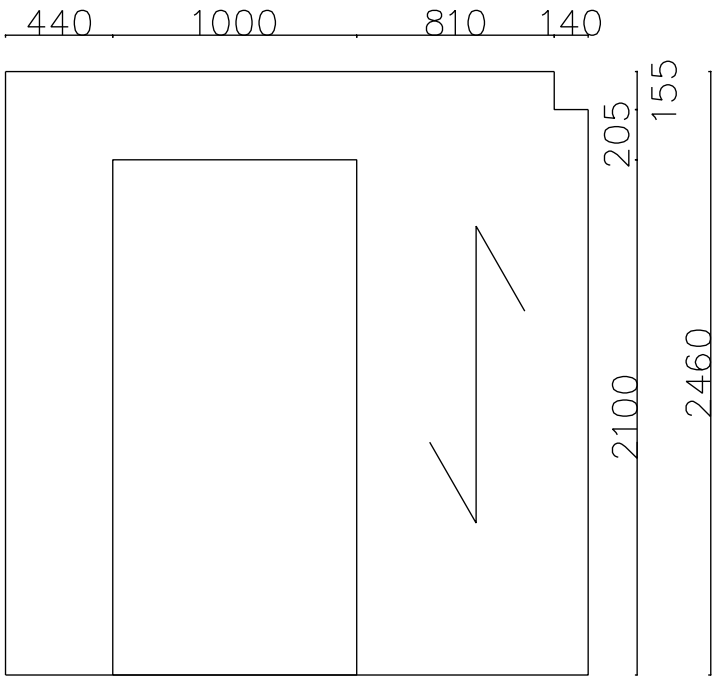
ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT SEINÄELEMENTTI		TUNNUS WW2	KPL 1
CLT TYYPPI CLT 60 C3s			MK 1:30
PINNAT MOLEMMAT PUOLET NÄKYVISSÄ			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS



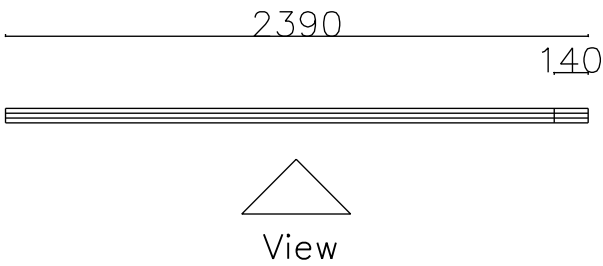
ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT SEINÄELEMENTTI		TUNNUS WW3	KPL 1
CLT TYPPI CLT 60 C3s			MK 1: 30
PINNAT MOLEMMAT PUOLET NÄKYVISSÄ			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS



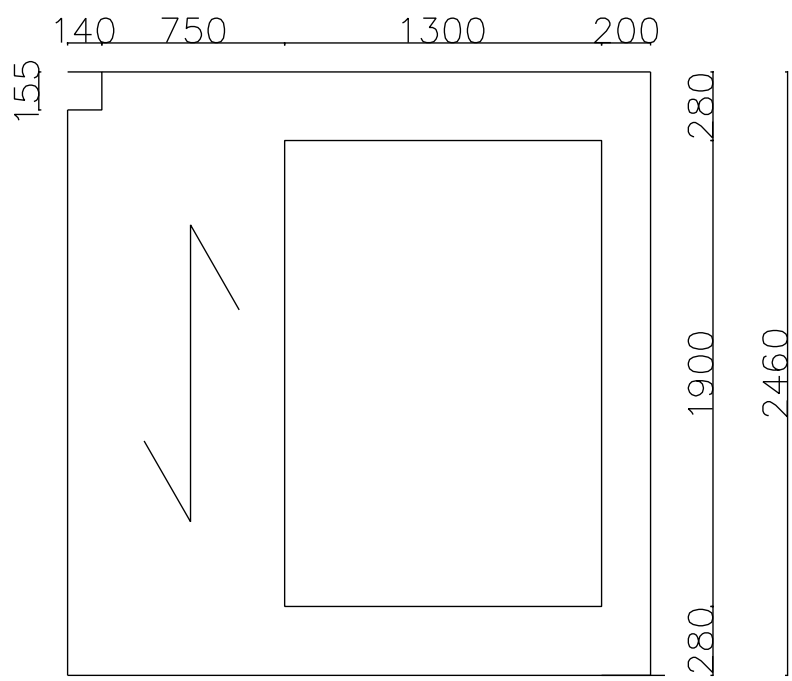
ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT SEINÄELEMENTTI		TUNNUS WW4	KPL 1
CLT TYPPI CLT 60 C3s			MK 1:30
PINNAT MOLEMMAT PUOLET NÄKYVISSÄ			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS



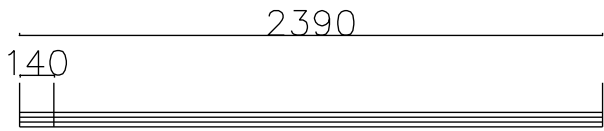
WALL ELEMENT, WW5
CLT 60 C3s
SURFACE QUALITY BOTH SIDE VISIBLE



ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT SEINÄELEMENTTI		TUNNUS WW5	KPL 1
CLT TYYPPI CLT 60 C3s			MK 1: 30
PINNAT MOLEMMAT PUOLET NÄKYVISSÄ			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS



WALL ELEMENT,WW6
CLT 60 C3s
SURFACE QUALITY BOTH SIDE VISIBLE



View

ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT SEINÄELEMENTTI		TUNNUS WW6	KPL 1
CLT TYPPI CLT 60 C3s			MK 1: 30
PINNAT MOLEMMAT PUOLET NÄKYVISSÄ			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS

FLOOR ELEMENT, WF1

CLT 80 C3s

SURFACE QUALITY, ONE SIDE VISIBLE



2550

6000



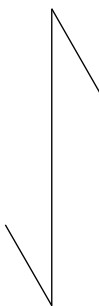
View

ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT LATTIAELEMENTTI		TUNNUS WF1	KPL 1
CLT TYPPI CLT 80 C3s			MK 1:30
PINNAT TOINEN PUOLI NÄKYVISSÄ			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS

FLOOR ELEMENT,WF2

CLT 80 C3s

SURFACE QUALITY, ONE SIDE VISIBLE



2390

5660



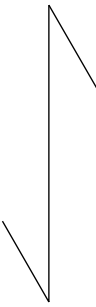
View

ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT LATTIAELEMENTTI		TUNNUS WF2	KPL 1
CLT TYYPI CLT 80 C3s			MK 1: 30
PINNAT TOINEN PUOLI NÄKYVISSÄ			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS

ROOF ELEMENT, WR1

CLT 80 C3s

SURFACE QUALITY, ONE SIDE VISIBLE



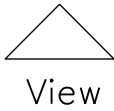
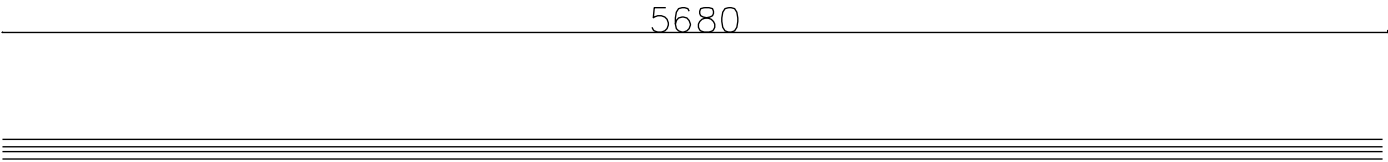
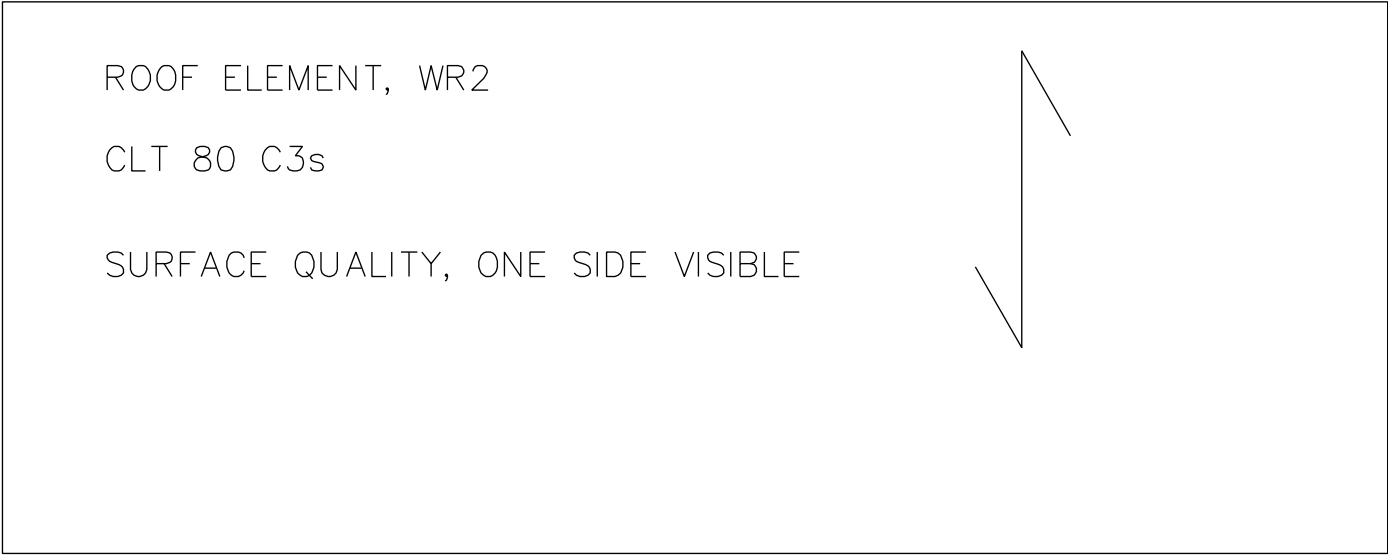
2410

6000

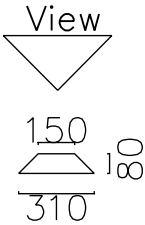
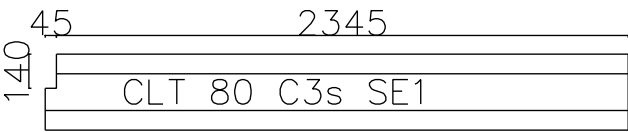


View

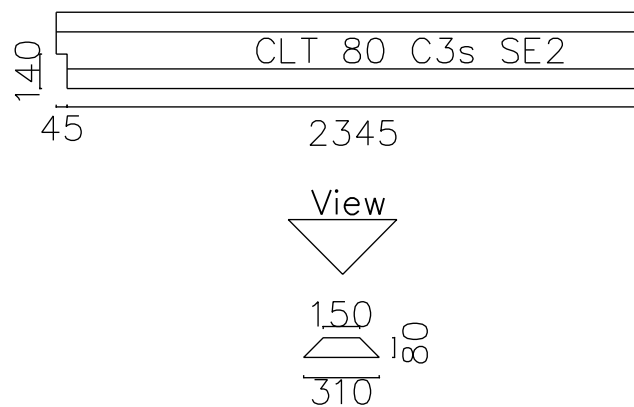
ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT KATTOEMENTTI		TUNNUS WR1	KPL 1
CLT TYYPI CLT 80 C3s			MK 1: 30
PINNAT TOINEN PUOLI NÄKYVISSÄ			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS



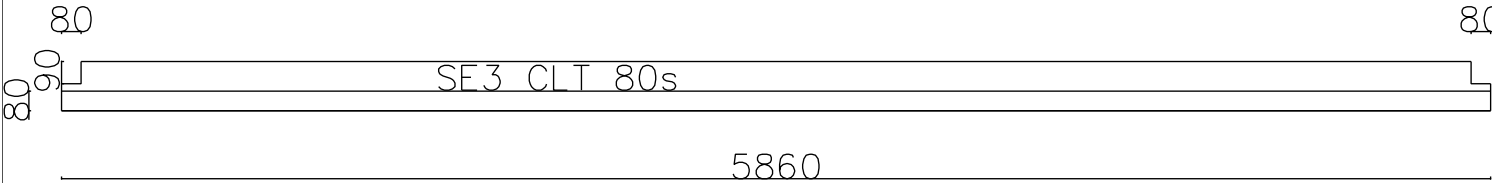
ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT KATTOEMENTTI		TUNNUS WR2	KPL 1
CLT TYPPI CLT 80 C3s			MK 1: 30
PINNAT TOINEN PUOLI NÄKYVISSÄ			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS



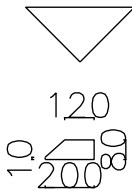
ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT TUKIELEMENTTI		TUNNUS SE1	KPL 1
CLT TYYPPI CLT 80 C3s			MK 1:30
PINNAT EI RAJOITUKSIA			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS



ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT TUKIELEMENTTI		TUNNUS SE2	KPL 1
CLT TYYPPI CLT 80 C3s			MK 1: 30
PINNAT EI RAJOITUKSIA			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS



View

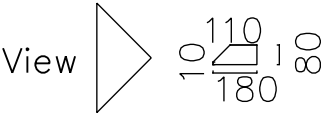


ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT TUKIELEMENTTI		TUNNUS SE3	KPL 1
CLT TYPPI CLT 80 C3s			MK 1:30
PINNAT EI RAJOITUKSIA			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS

SE4 CLT 80s

5720

5880

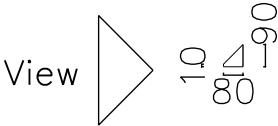


ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT TUKIELEMENTTI		TUNNUS SE4	KPL 1
CLT TYPPI CLT 80 C3s			MK 1:30
PINNAT EI RAJOITUKSIA			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS

IE1, IE6, IE7 CLT 80s

5680

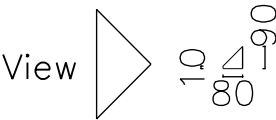
5860



ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT TIIVISTYELEMENTTI		TUNNUS IE1,6,7	KPL 3
CLT TYYPPI CLT 80 C3s			MK 1:30
PINNAT EI RAJOITUKSIA			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS

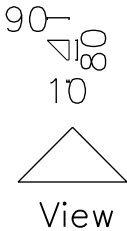
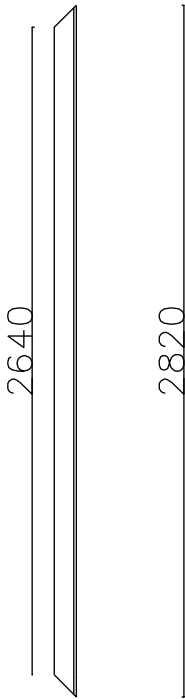
IE2 IE3 CLT 80s
5560

5740



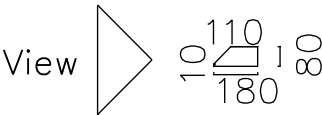
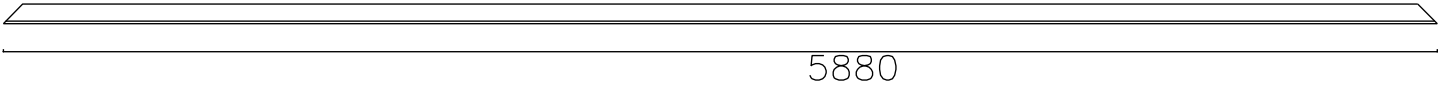
ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT TIIVISTYELEMENTTI		TUNNUS IE2,3	KPL 2
CLT TYYPPI CLT 80 C3s			MK 1:30
PINNAT EI RAJOITUKSIA			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS

IE4 IE5 CLT 80s



ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI		TUNNUS	KPL
CLT TIIVISTYSELEMENTTI		IE4,5	2
CLT TYYPPI			MK
CLT 80 C3s			1: 30
PINNAT			SUUN.
EI RAJOITUKSIA			KOLPPO
SUUN.ALA	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS
ELE			

IE8, IE9 CLT 80s



ELEMENTTIPIIRUSTUS			NO.
TYÖN NIMI KOJU			
ELEMENTTI CLT TIIVISTYELEMENTTI		TUNNUS IE8,9	KPL 2
CLT TYYPI CLT 80 C3s			MK 1:30
PINNAT EI RAJOITUKSIA			SUUN. KOLPPO
SUUN.ALA ELE	TYÖN NO.	PIIR. NO.	MUUTOS